

第一章 晶体二极管及其应用

1. 硅二极管电路如图1-1所示，试分别用二极管的理想模型和恒压降模型计算电路中的电流和输出电压 U_{AO} 。(1) $E=3V$ ；(2) $E=10V$ 。

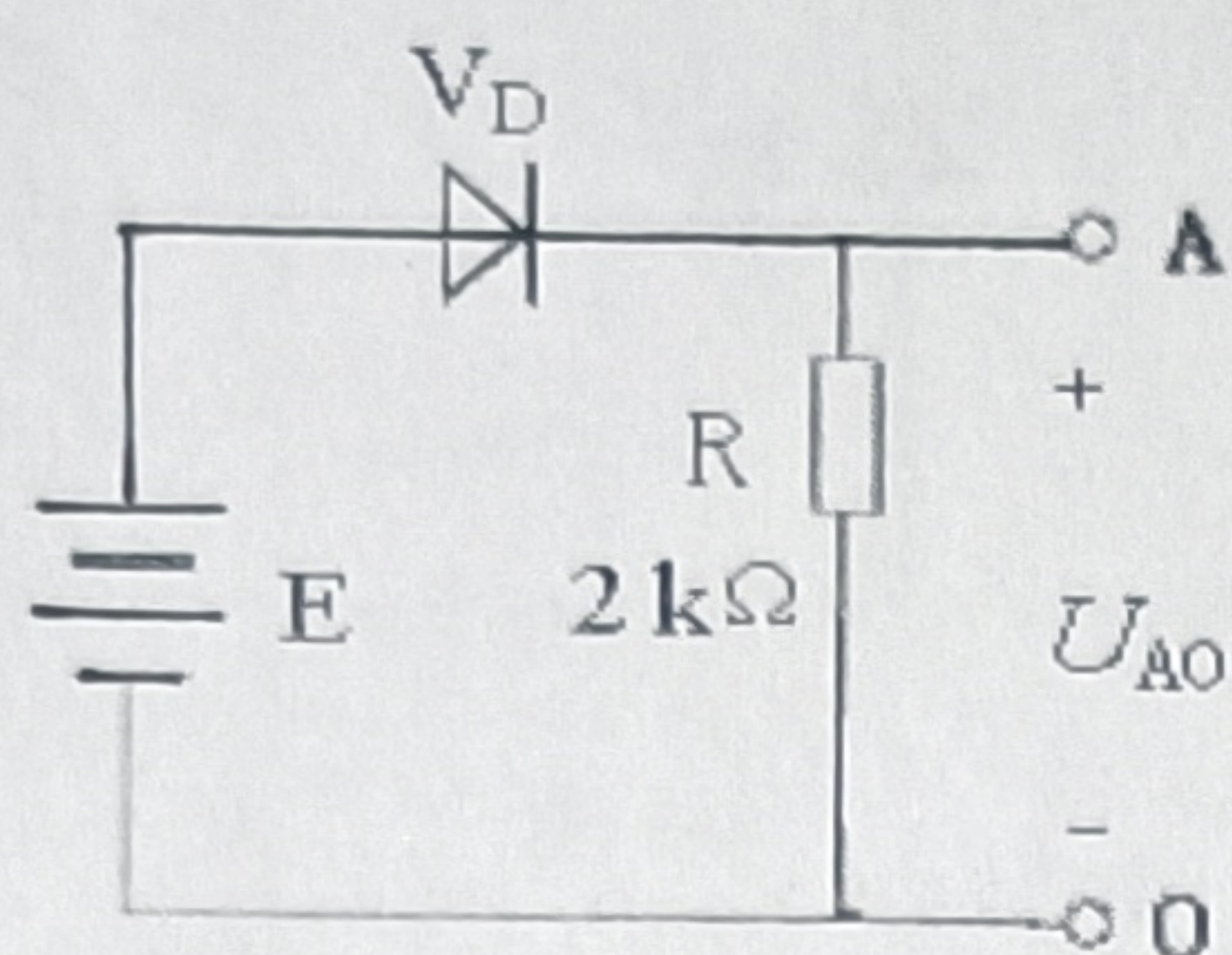


图 1-1

(1) 理想模型: $U_{AO} = 3V$

$$I = \frac{U_{AO}}{R} = \frac{3V}{2k\Omega} = 1.5mA$$

恒压降模型:

$$U_{AO} = 3V - 0.7V = 2.3V$$

$$I = \frac{U_{AO}}{R} = \frac{2.3V}{2k\Omega} = 1.15mA$$

(2) 理想模型: $U_{AO} = 10V$

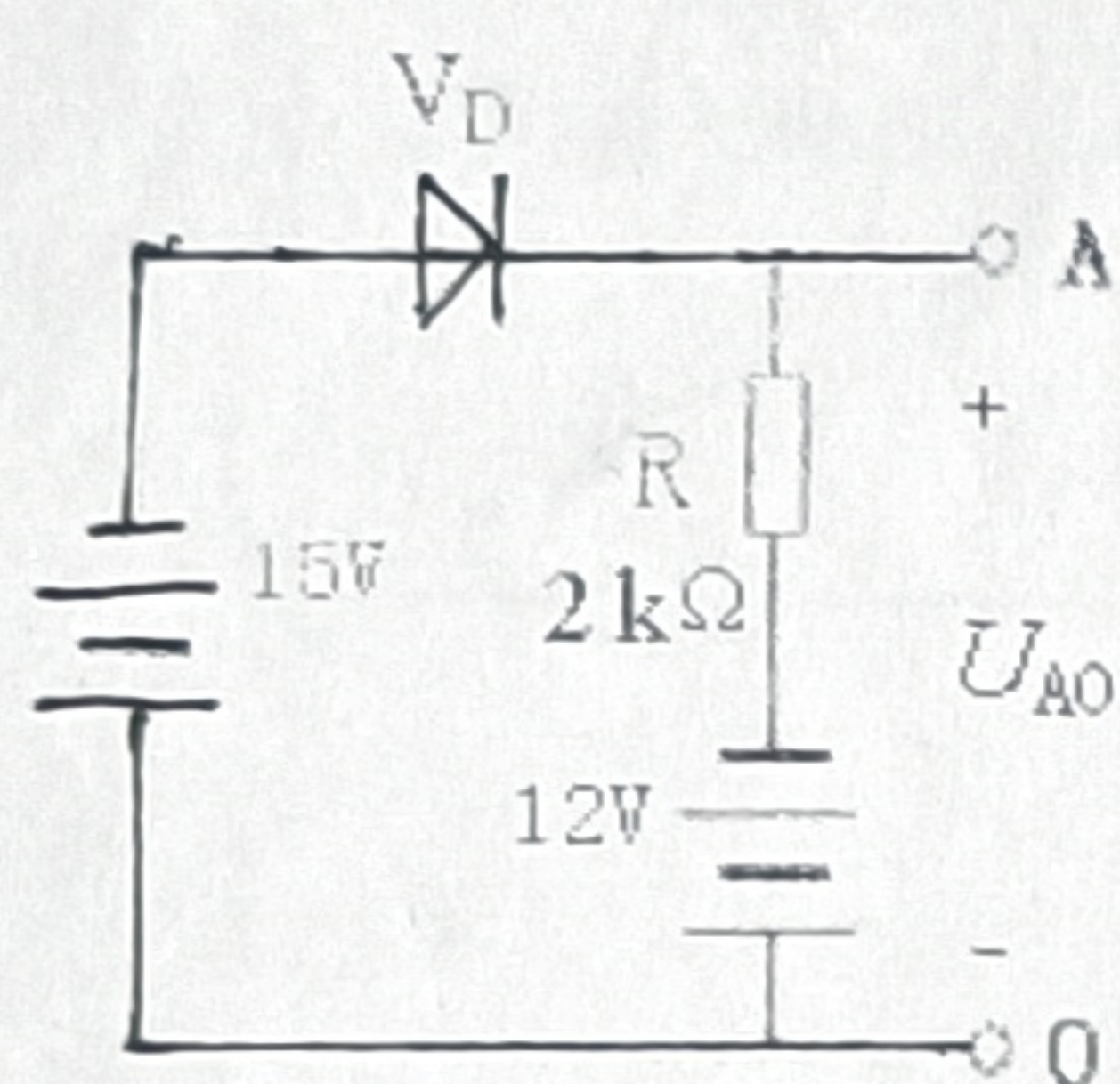
$$I = \frac{U_{AO}}{R} = \frac{10V}{2k\Omega} = 5mA$$

恒压降模型:

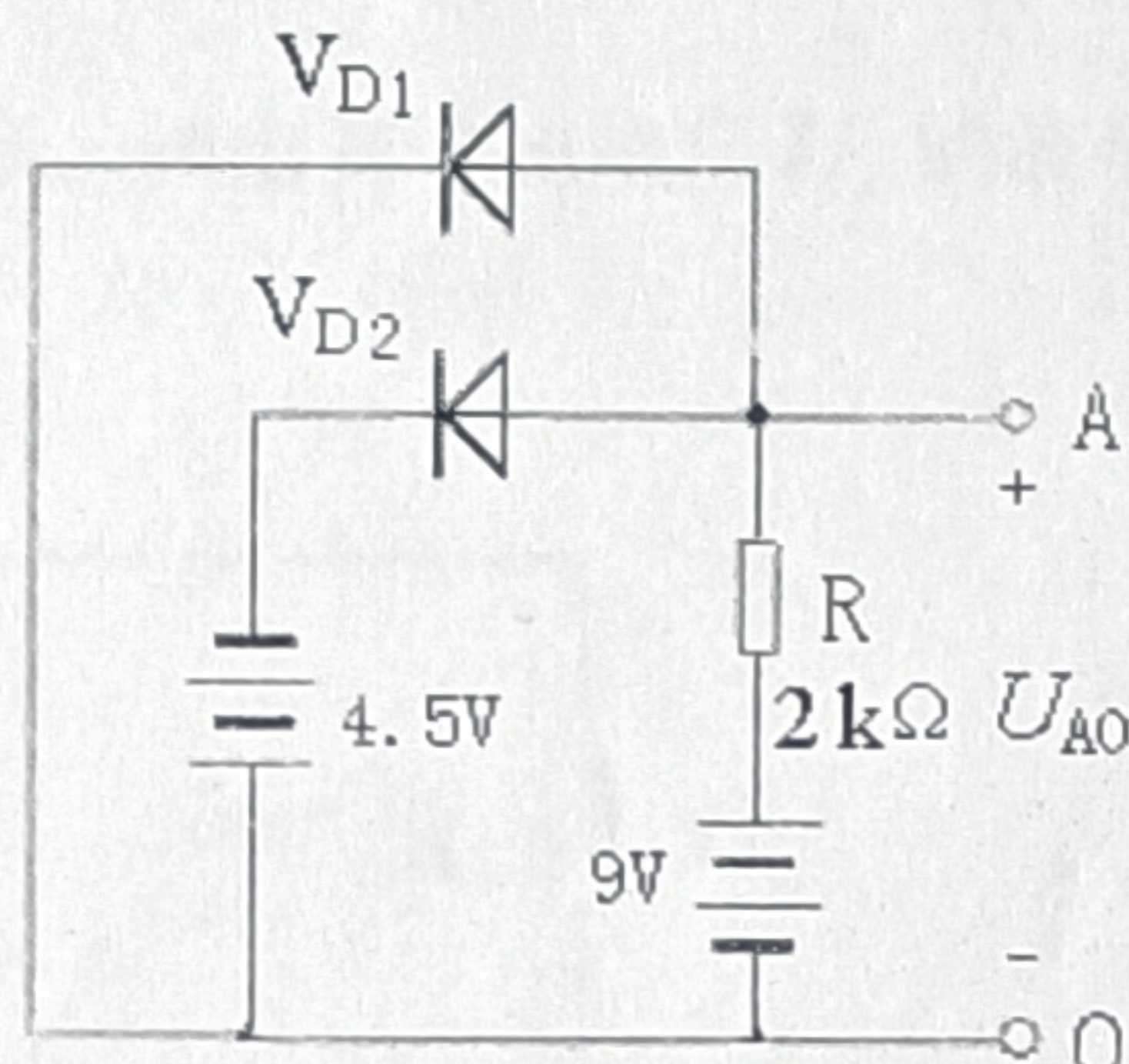
$$U_{AO} = 10V - 0.7V = 9.3V$$

$$I = \frac{U_{AO}}{R} = \frac{9.3V}{2k\Omega} = 4.65mA$$

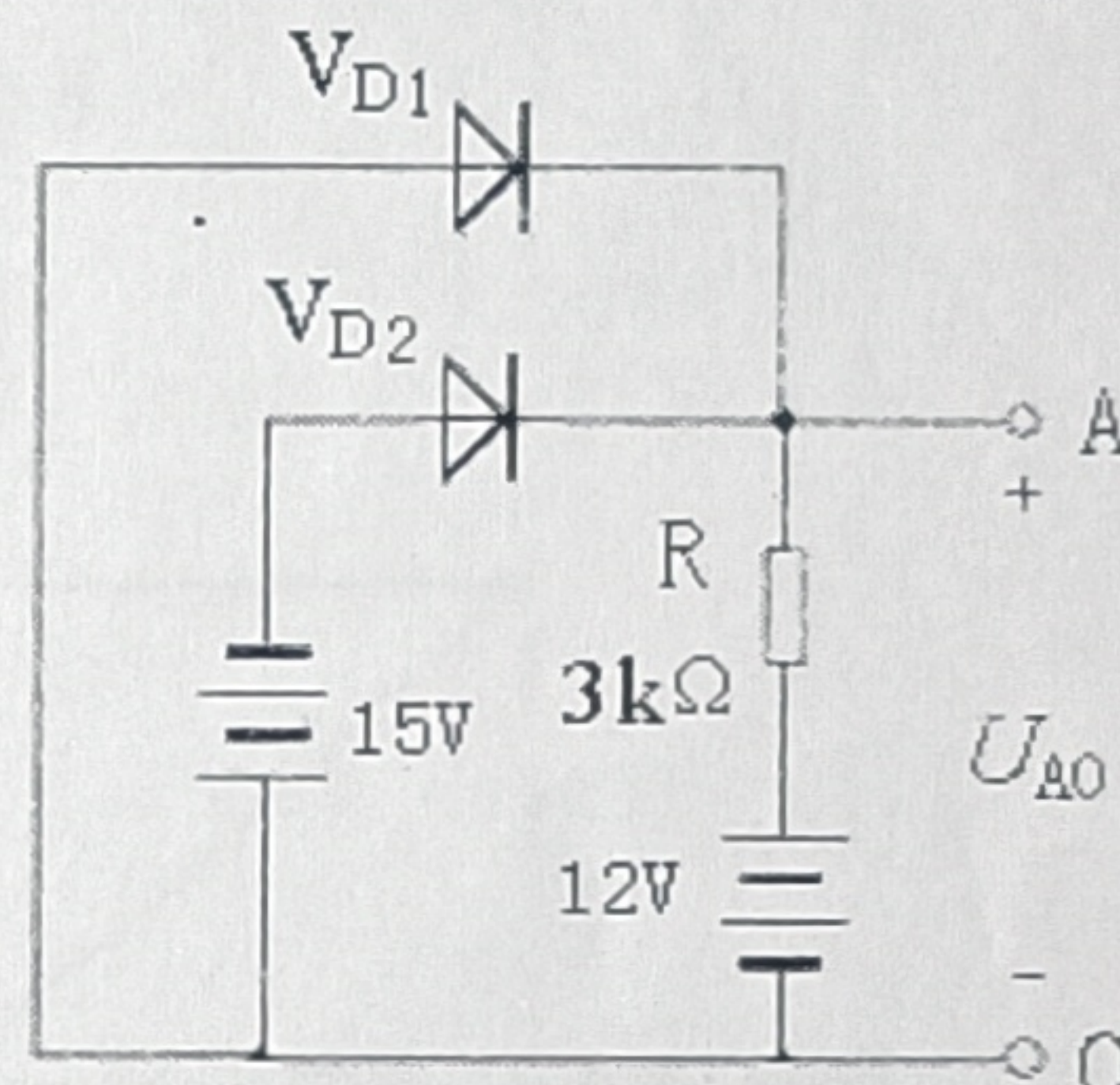
2. 二极管电路如图1-2所示，试判断各二极管是导通还是截止，并求输出端的电压 U_{AO} （设二极管为理想二极管）。



(a)



(b)



(c)

图 1-2

(a) = 极管截止.

输出 $U_{AO} = -12V$

(b) = 极管 V_{D1} 截止.

V_{D2} 导通

输出电压 $U_{AO} = -4.5V$

(c) V_{D1}, V_{D2} 都截止

输出 $U_{AO} = 12V$

3. 图 1-3 所示的电路中, $u_i = 10\sin\omega t(V)$, V_D 为理想二极管, 试画出各电路输出电压 u_o 的波形。

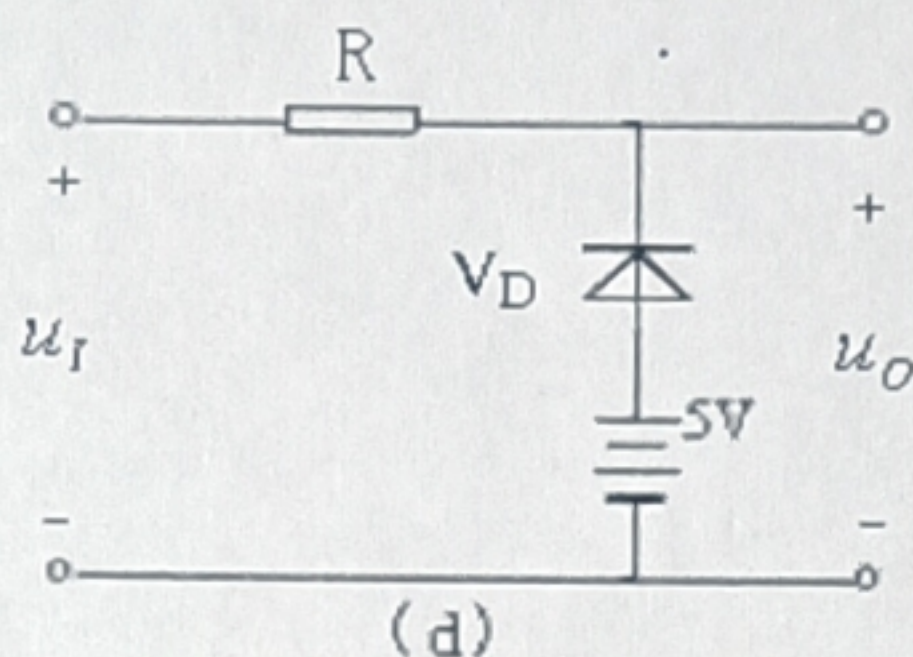
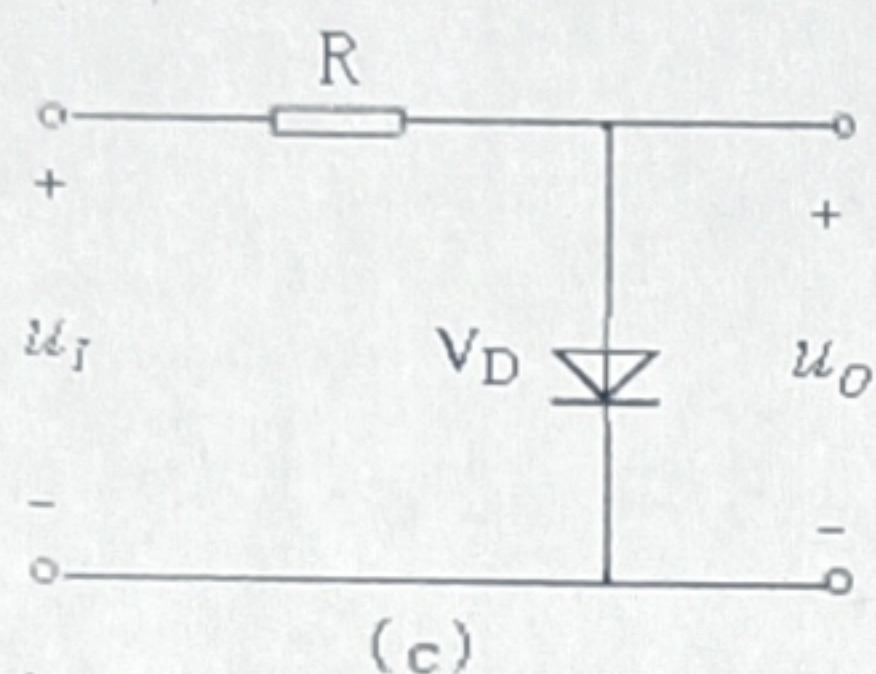
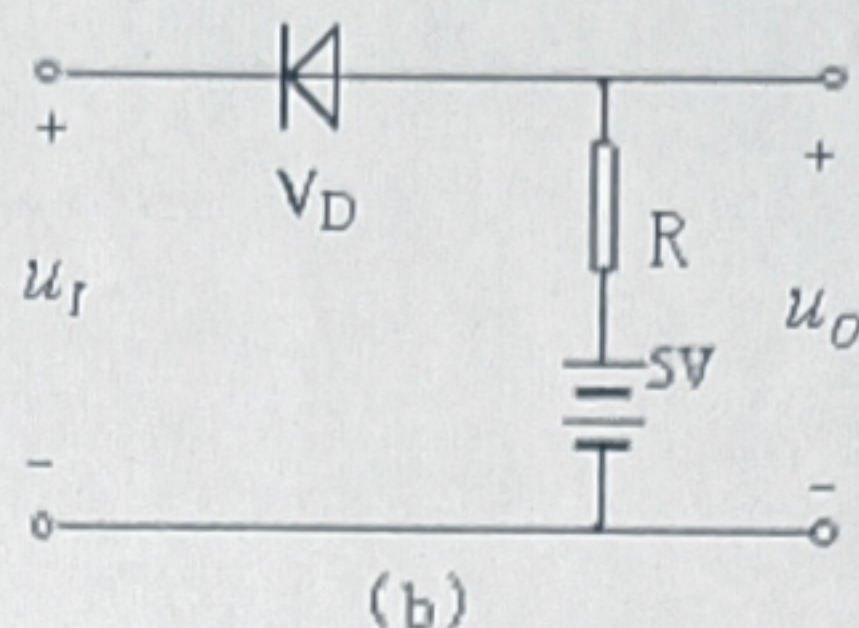
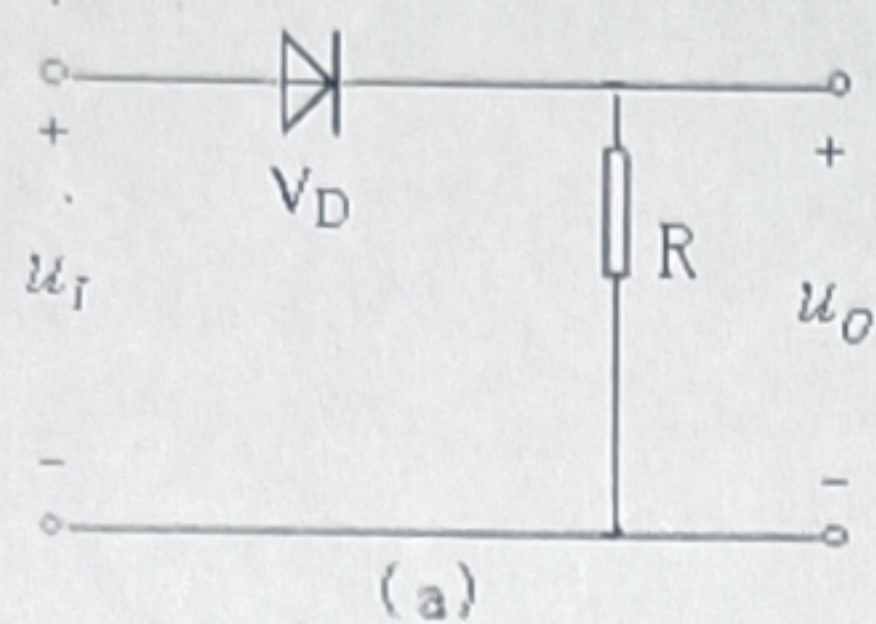
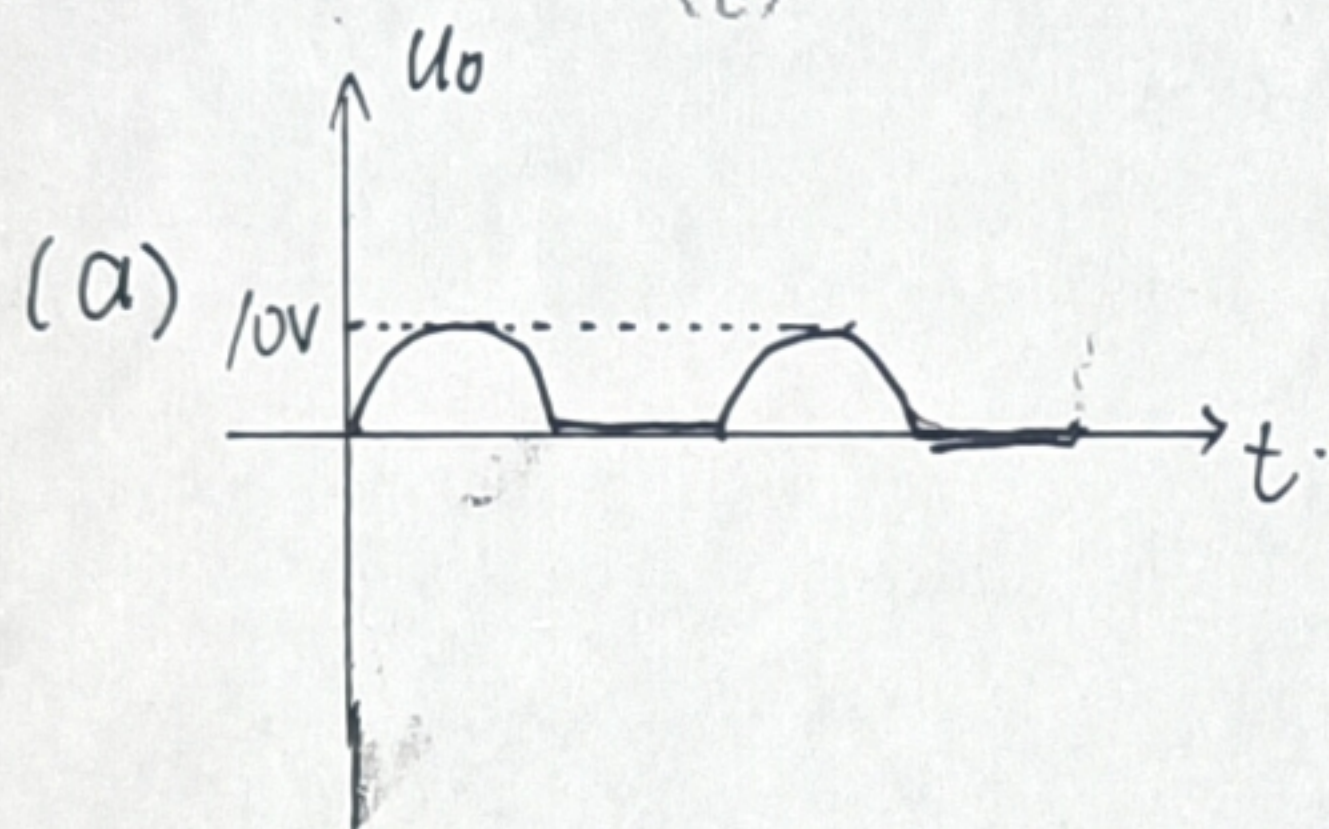
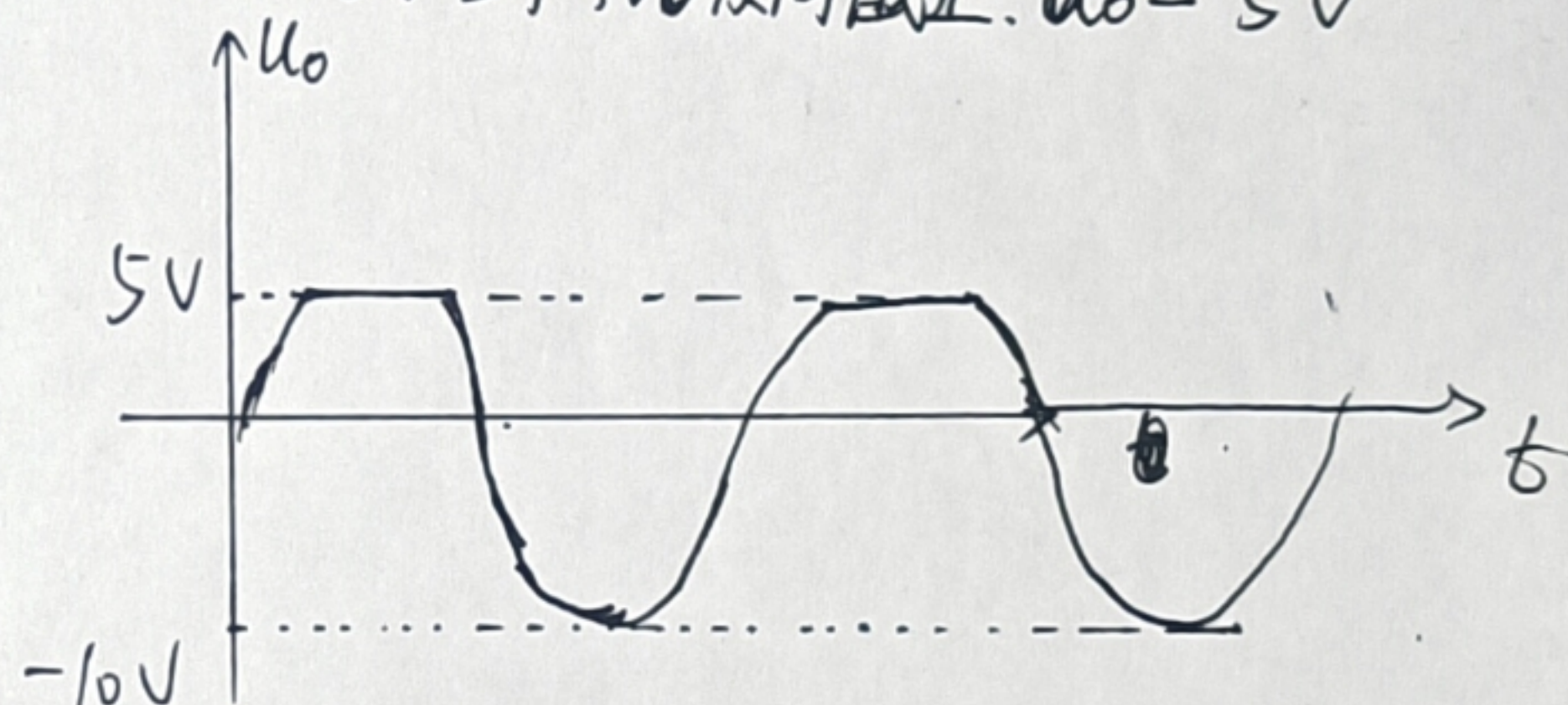


图 1-3

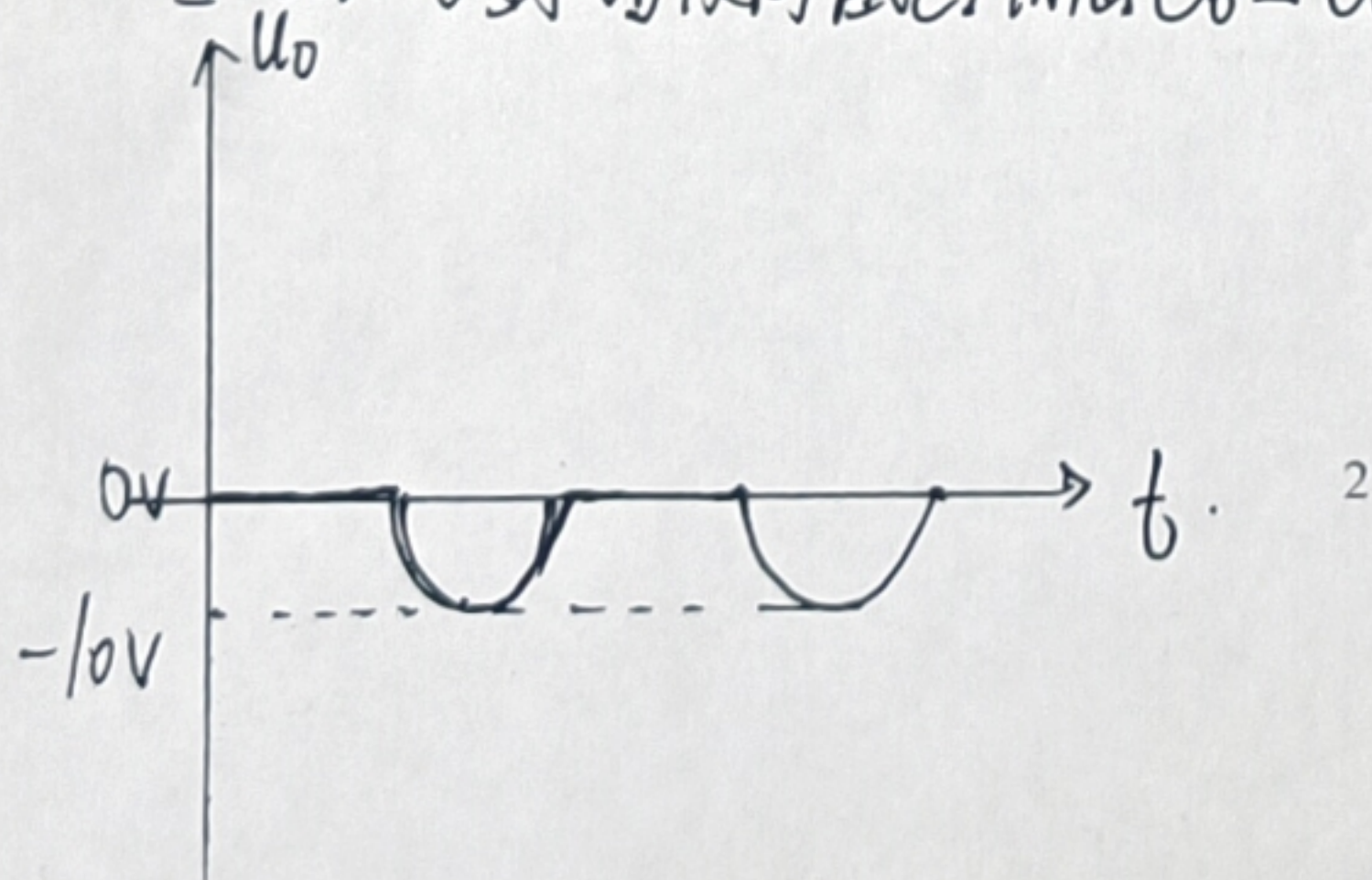


(b)

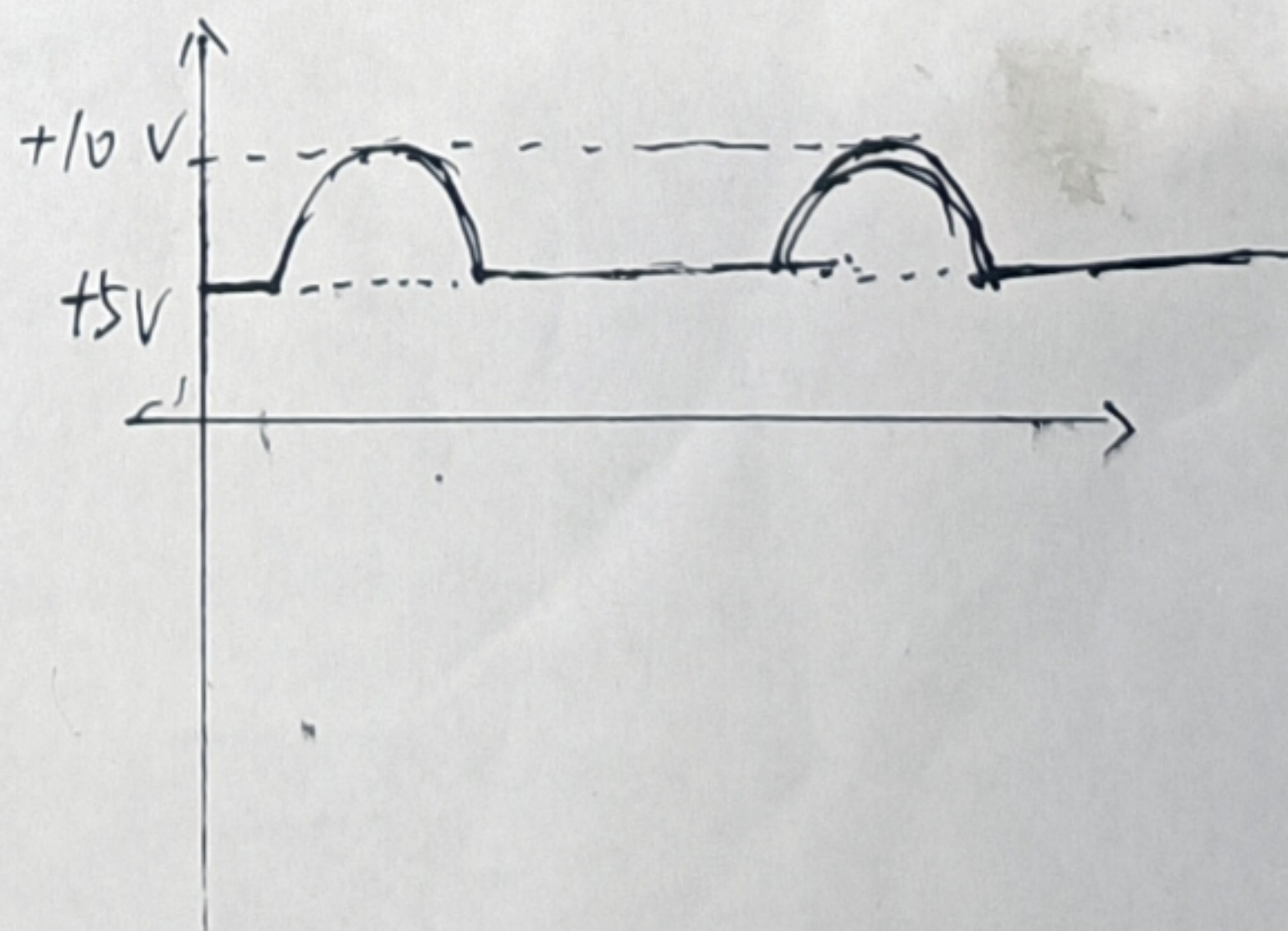
$u_i \leq 5V$ 时, V_D 正向导通, $u_o = u_i$
 $u_i > 5V$ 时, V_D 反向截止, $u_o = 5V$



(c) 当 $u_i > 0$ 时 V_D 正向导通, 输出 $u_o = 0V$.
 当 $u_i < 0$ 时 V_D 反向截止, 输出 $u_o = u_i$



(d) 当 $u_i \leq 5V$ 时 V_D 正向导通 $u_o = 5V$
 当 $u_i > 5V$ 时, V_D 反向截止 $u_o = u_i$



4. 图 1-54 所示的电路中, $u_i = 10 \sin \omega t (V)$, V_{DZ} 为理想稳压二极管, 稳定电压值为

6 V, 试画出电路输出电压 u_o 的波形。

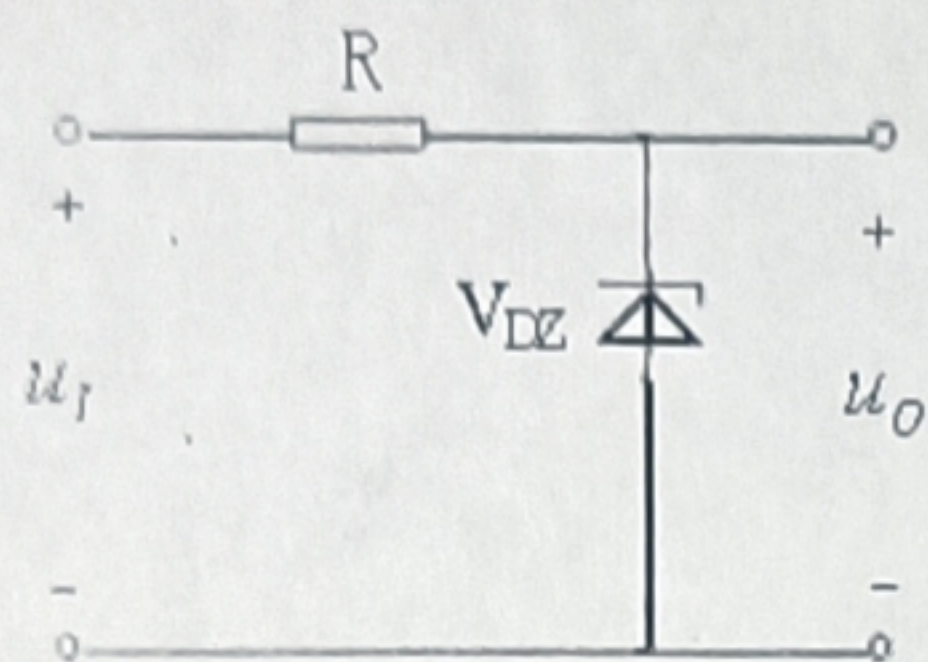
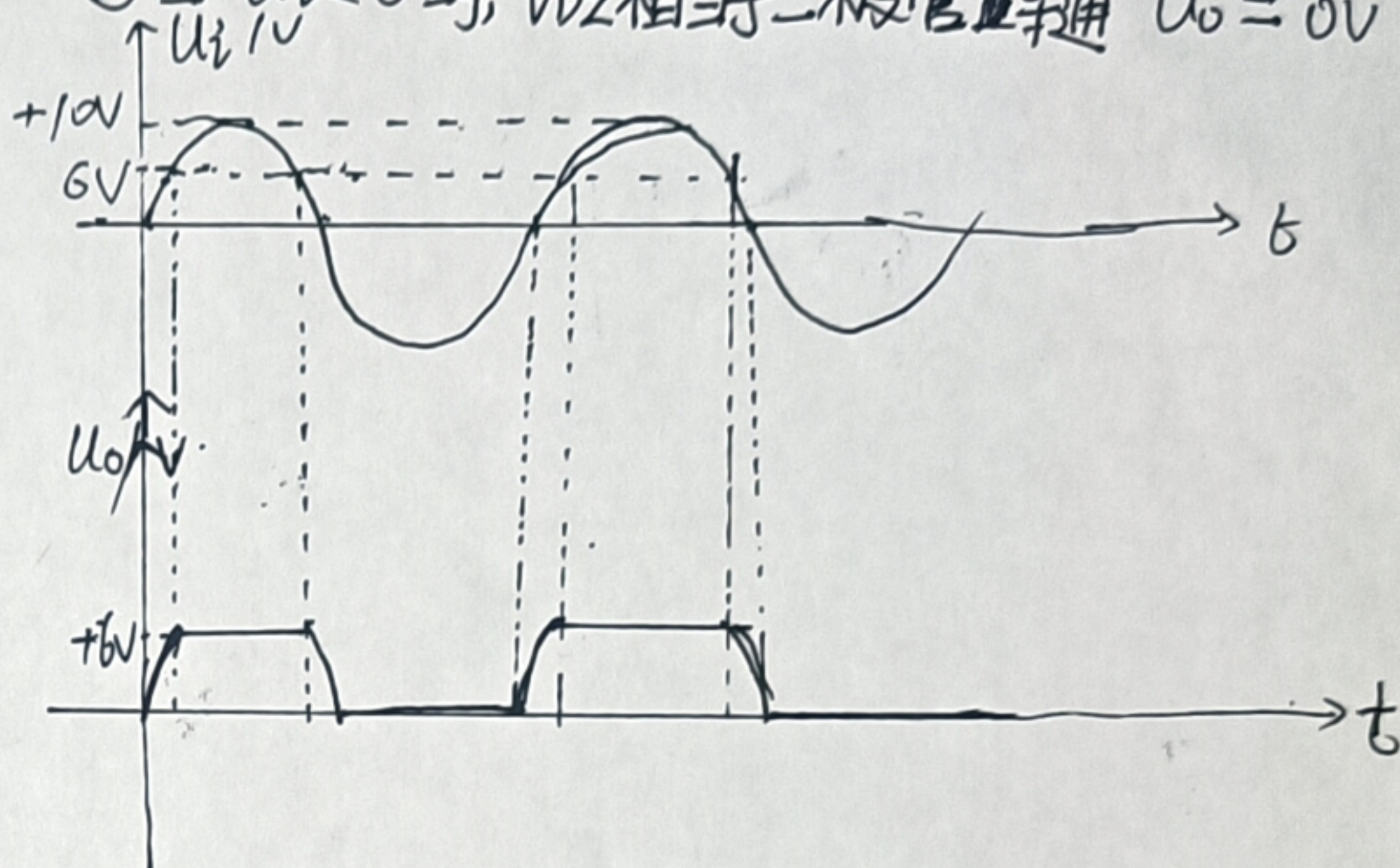


图 1-4

① 当 $u_i \geq 6V$ 时, 稳压管稳压 $u_o = 6V$

② 当 $0 < u_i < 6V$ 时, 稳压管截止 $u_o = u_i$

③ 当 $u_i \leq 0$ 时, V_{DZ} 相当于二极管导通 $u_o = 0V$



6. 电路如图 1-6 所示, $E = 6V$, $R_1 = 300K\Omega$, $R_2 = 60K\Omega$, 设二极管为理想二极管,

请对照输入电压 U_i 的波形, 画出其输出电压 U_o 的波形。(10 分)

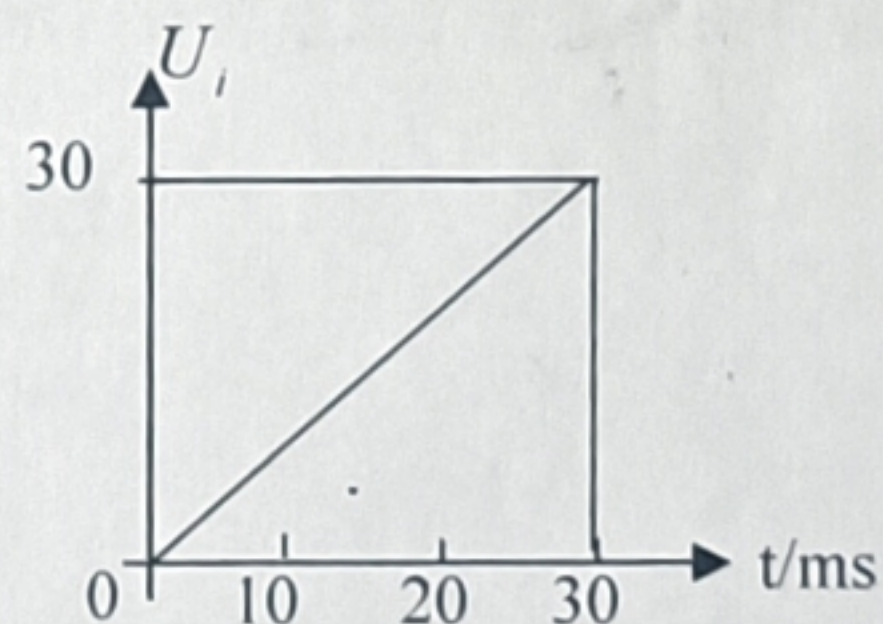
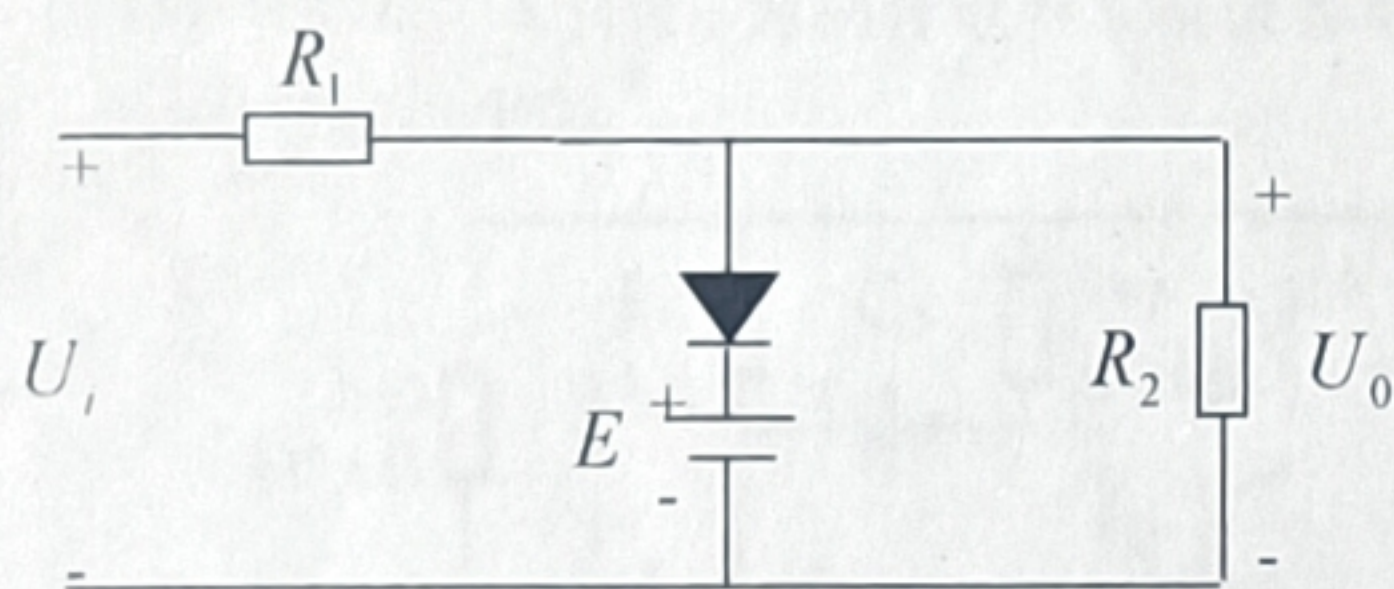
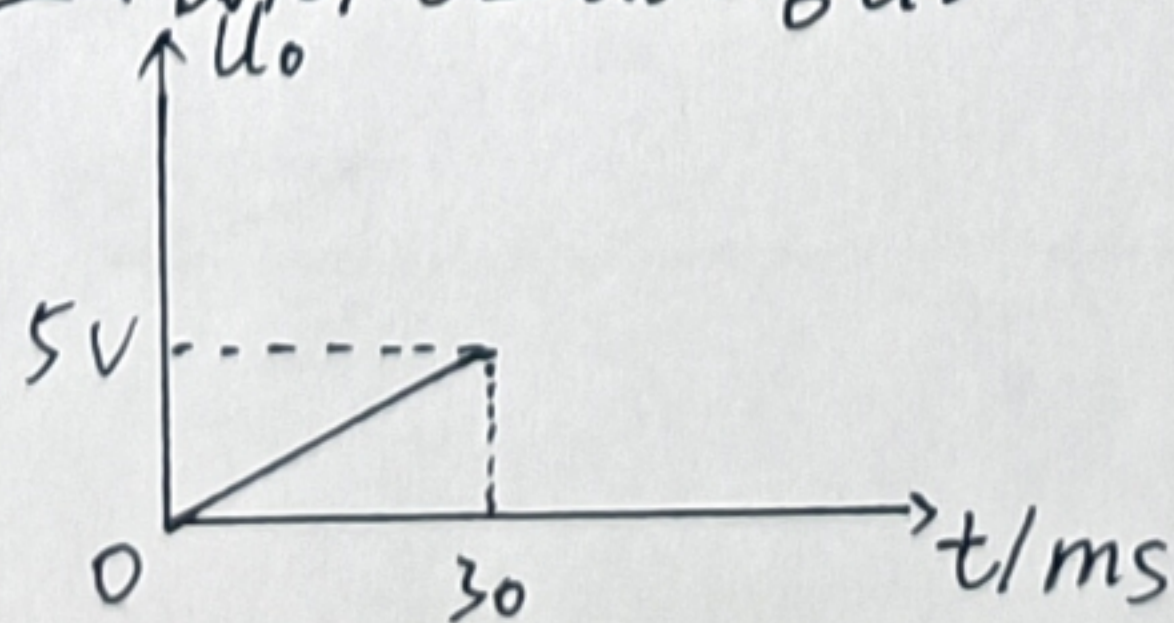


图 1-6

① 若当 $U_i < 6V$ 时, 二极管反向截止, $U_o = \frac{R_2}{R_2 + R_1} U_i = \frac{1}{6} U_i$

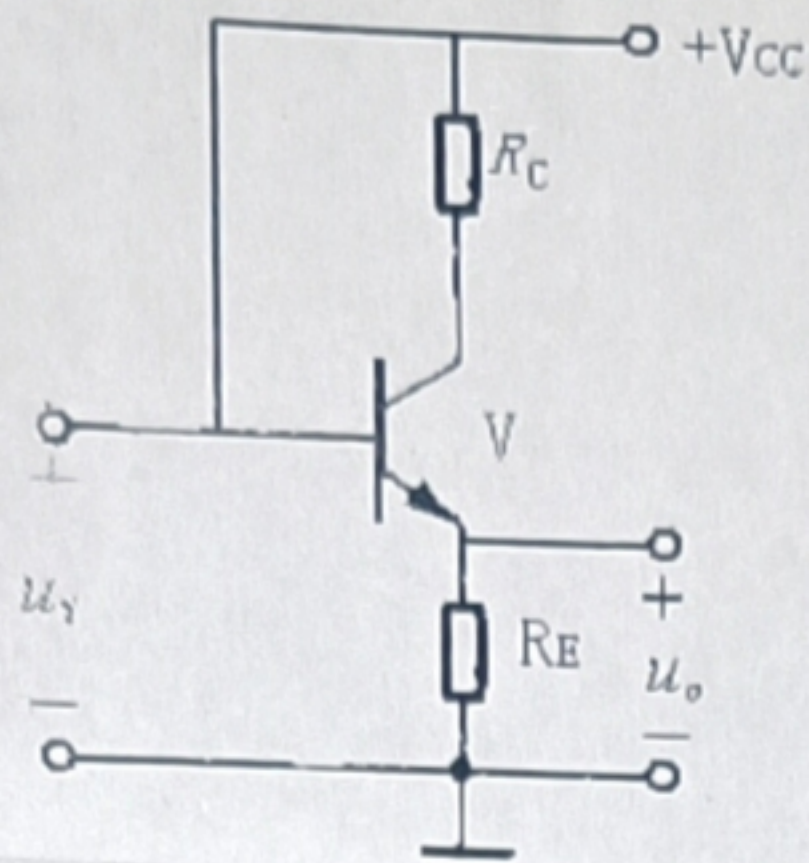
② 当 $U_i \geq 6V$ 时, 假设二极管能导通, 但此时 $I_{R_1} = \frac{U_i - U_o}{R_1} < \frac{6V}{R_2}$
故假设不成立, 即此时二极管仍处于截止状态。

综上, 输出电压 $U_o = \frac{1}{6} U_i$

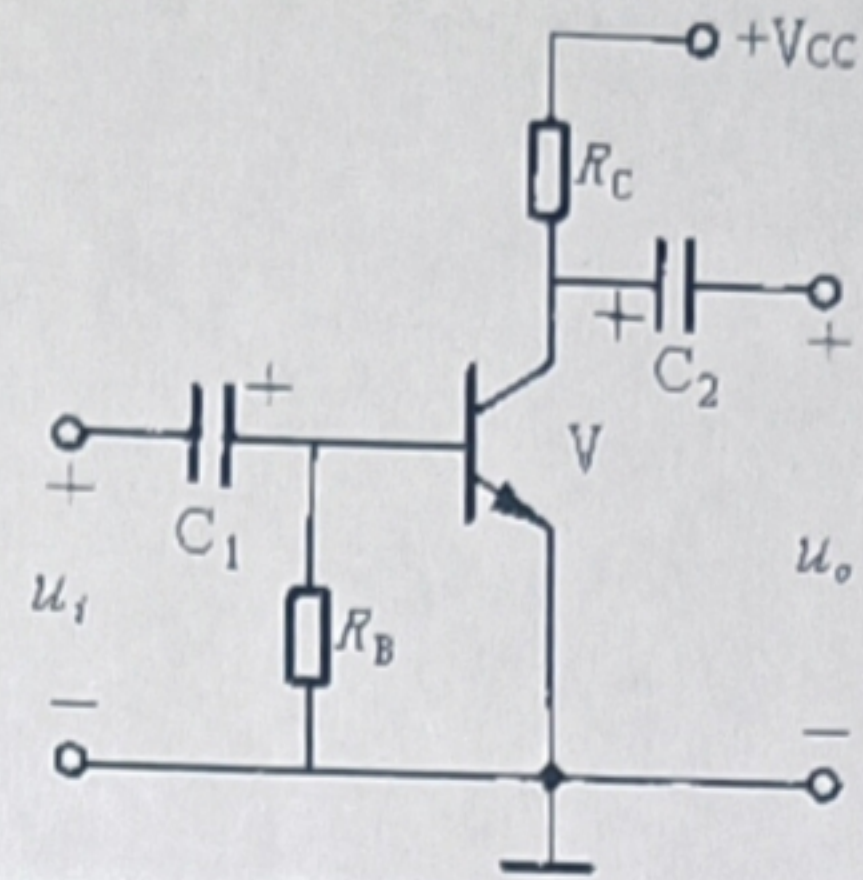


第2章 基本放大电路

1. 说明图 2-1 所示各电路对正弦交流信号有无放大作用，为什么？



无放大作用，
因为 V_{CC} 与基极相连，集电结正偏，管子处于饱和状态。同时，基极与地之间对交流是短路的，交流信号无法输入。

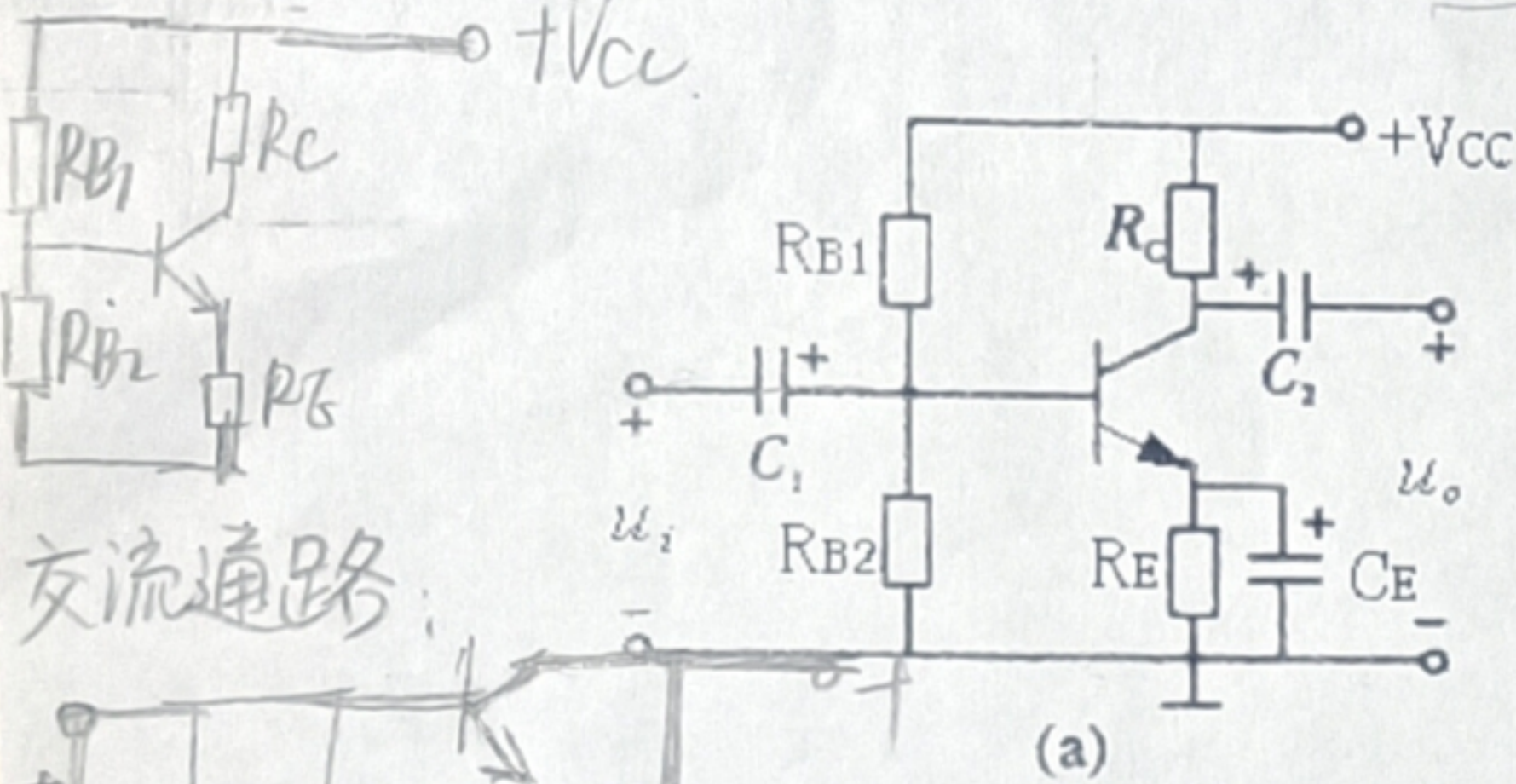


无放大作用，因为无基极偏置电流。

直流通路

2. 画出图 2-2 所示各放大电路的直流通路、交流通路和微变等效电路。

直流通路



交流通路



微变等效电路

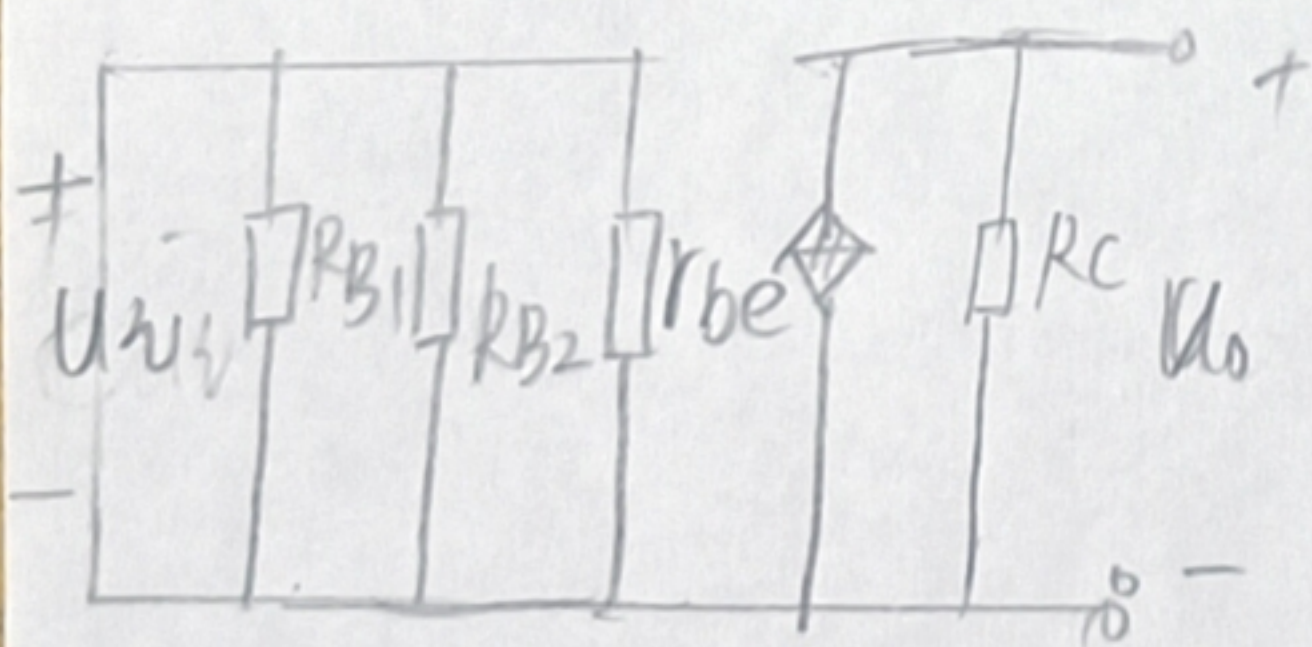
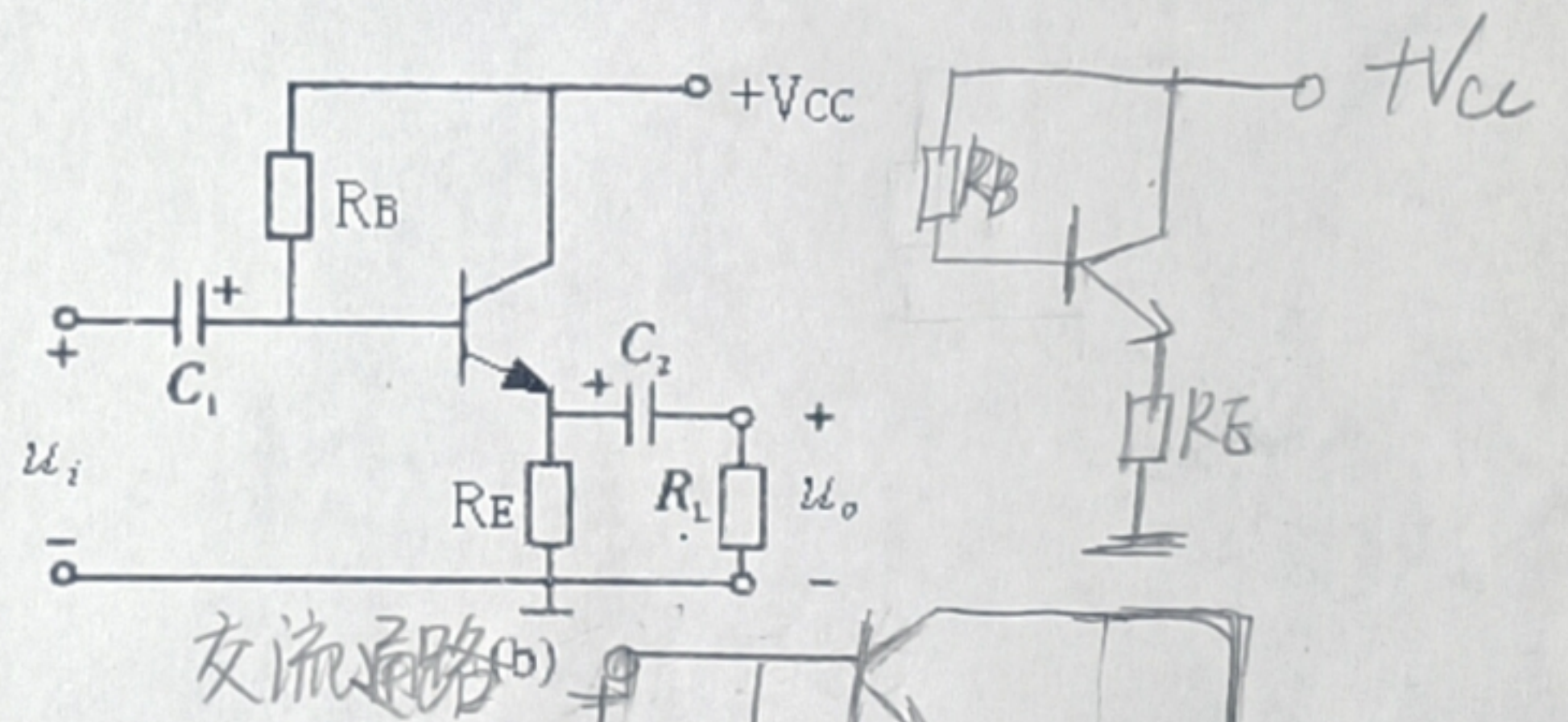
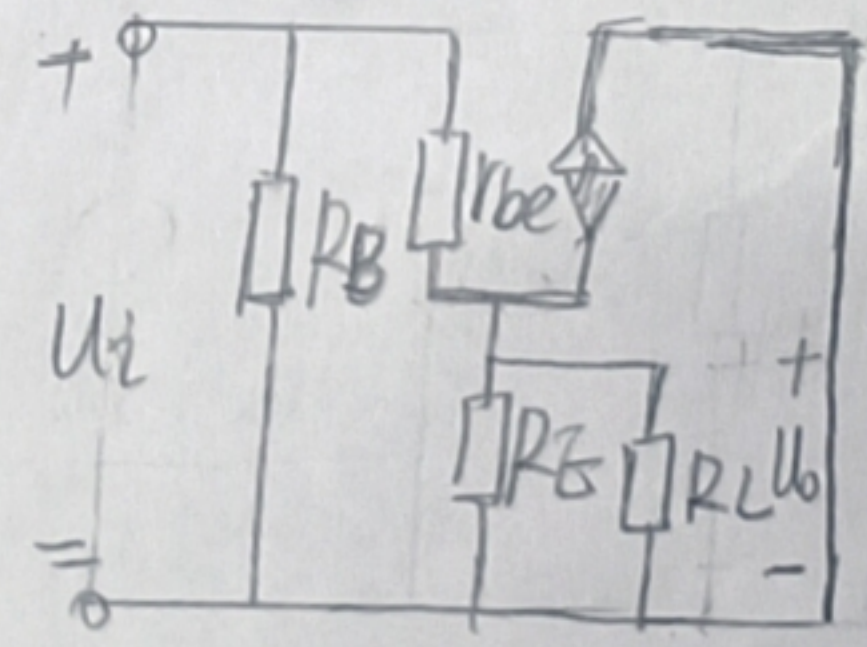


图 2-2



交流通路

微变等效电路



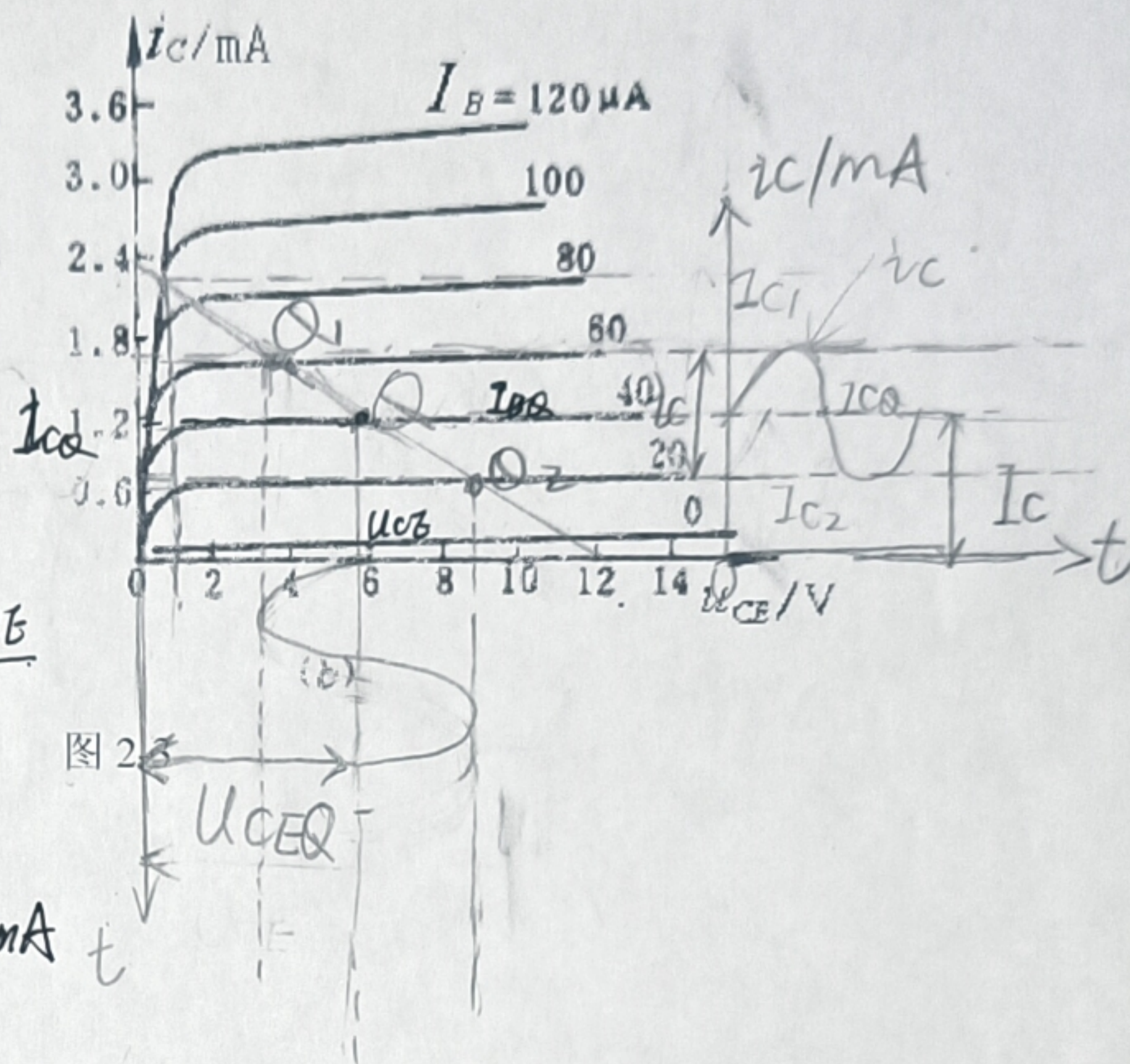
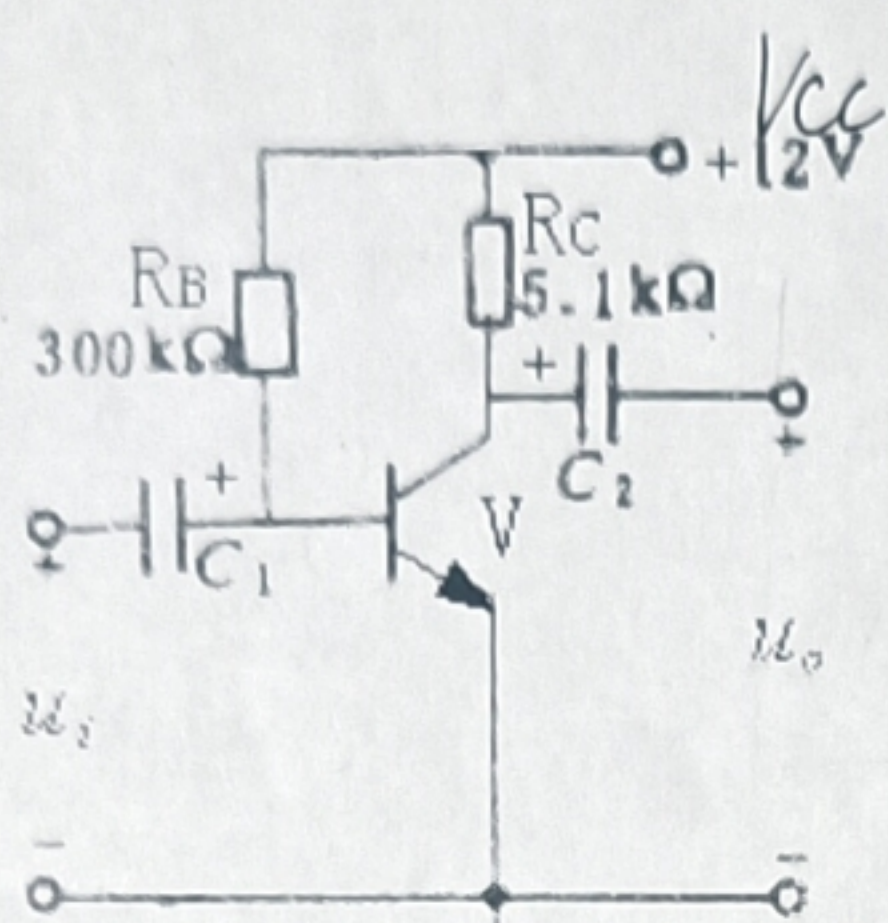
3. 三极管放大电路与三极管的输出特性曲线如图 2-3 所示，忽略三极管的发射结电压。

(1) 用图解法求出三极管的静态工作点；

(2) 若 $u_i = 50 \sin \omega t (mV)$ 产生的基极电流为 $i_b = 20 \sin \omega t (\mu A)$ ，试在图 2-3 (b) 中画出 i_c 和 u_{ce} 的波形，并求出输出电压的峰值和电压放大倍数；

(3) 该电路的最大不失真输出电压幅度是多少？

(4) 当接入 $5.1 k\Omega$ 的负载时，电压放大倍数为多少？最大不失真幅度有何变化？



如图(b)所示作直流负载线 $I_C = \frac{V_{CC} - U_{CE}}{R_C}$

$$(1) I_{BQ} = \frac{U_{CC} - U_{BEQ}}{R_B} = 40 \mu A$$

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ} = \frac{0.6mA}{20 \mu A} \times 40 \mu A = 1.2mA$$

$$U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_C = 5.88V$$

$$(2) U_{CEmax} = 12V - I_{CQ} R_C = 8.94V$$

$$\text{即 } U_{o\max} = U_{CEmax} - U_{CEQ} = 3.06V$$

$$\frac{U_{o\max}}{U_{i\max}} = 61.2$$

(3) 因为 $V_{CC} - U_{CEQ} = 12 - 5.88 > U_{CEQ} - U_{CES}$
故最大不失真输出电压幅度为 $5.88V$ 。

$$(4) A_u = \frac{-\beta (R_C \parallel R_L)}{r_{be}} = \frac{-30 \times \frac{5.1}{2}}{300 + \frac{26mV}{1BQ}} \approx -80.5$$

交流负载线与横轴交点为 $(U_{CEQ} + I_{CQ} R_L', 0)$

$$I_{CQ} R_L' = 3.06V < U_{CEQ} - U_{CES} = 5.88V$$

∴ 当接负载最大不失真幅度减小

4. 基本共发射极放大电路的静态工作点如图 2-4 所示, 由于电路中的什么参数发生了改变导致静态工作点从 Q_0 分别移动到 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 ? (提示: 电源电压、集电极电阻、基极偏置电阻的变化都会导致静态工作点的改变)。

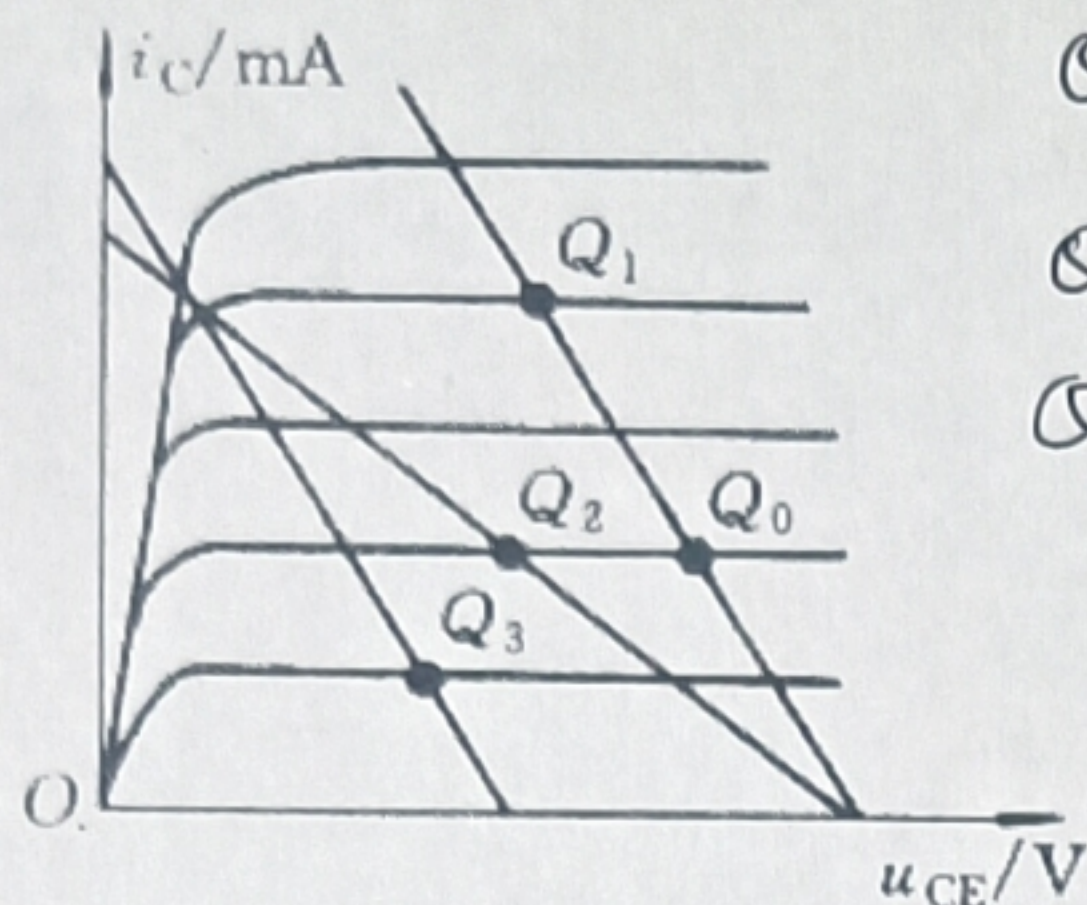


图 2-4

$Q_0 \rightarrow Q_1$ 基极偏置电阻发生了改变, R_B 减小了.
 $Q_0 \rightarrow Q_2$ 集电极电阻发生改变, R_C 增大了.
 $Q_0 \rightarrow Q_3$ 电源电压发生改变, V_{CC} 减小了.

5. 三极管单级共发射极放大电路如图 2-5 所示。已知三极管参数 $\beta = 50$, $R_C = 1K\Omega$, 并忽略三极管的发射结压降, 其余参数如图中所示, 试计算:

- (1) 放大电路的静态工作点;
- (2) 电压放大倍数和源电压放大倍数, 并画出微变等效电路;
- (3) 放大电路的输入电阻和输出电阻;
- (4) 当放大电路的输出端接入 $6k\Omega$ 的负载电阻 R_L 时, 电压放大倍数和源电压放大倍数有何变化?

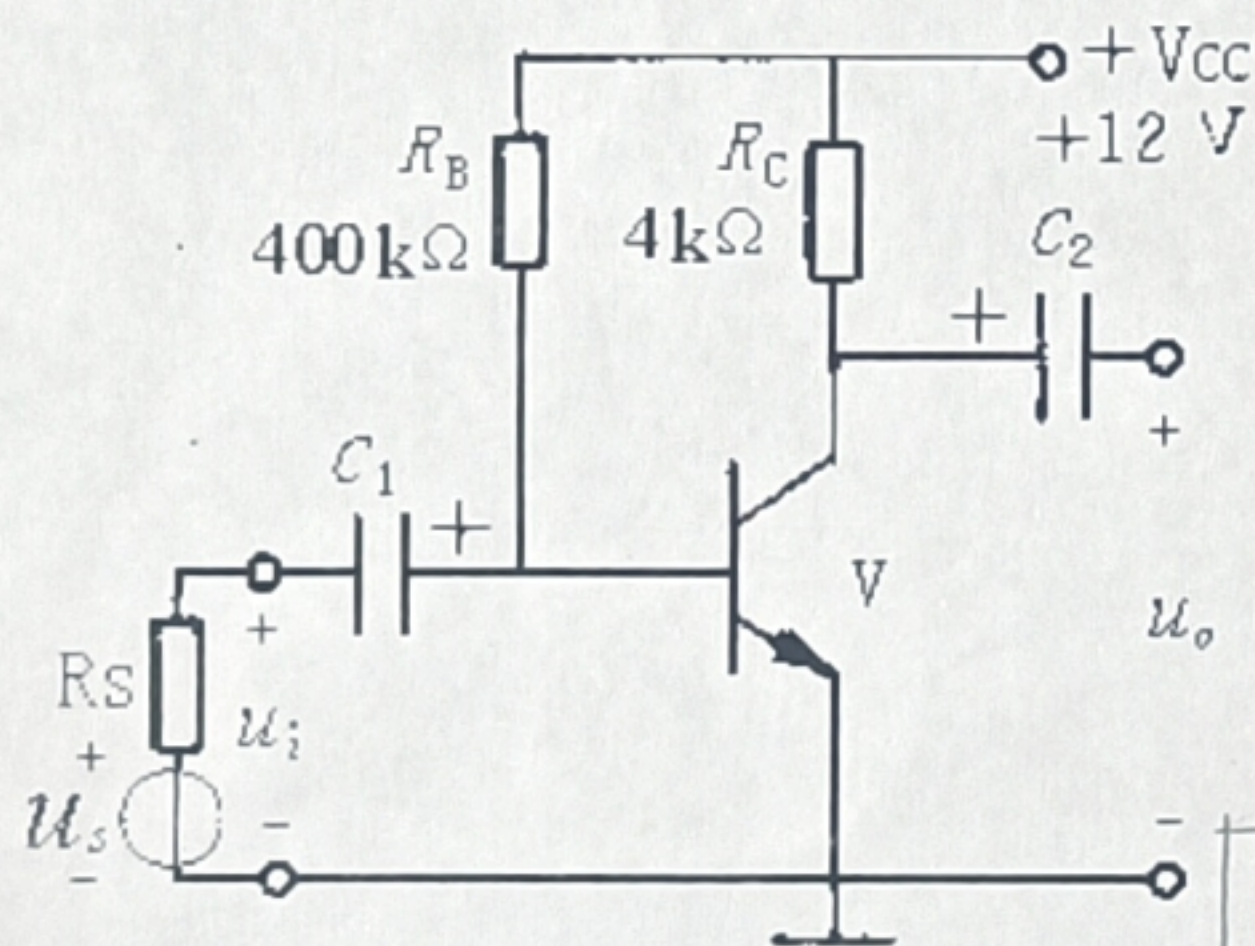


图 2-5

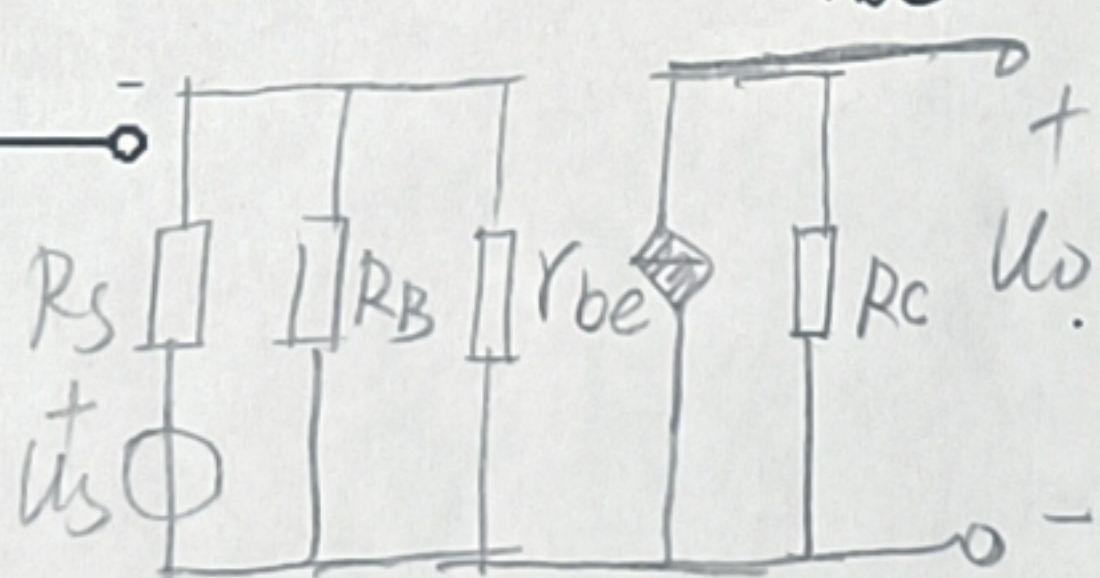
$$(1) I_B = \frac{V_{CC}}{R_B} = \frac{12V}{400k\Omega} = 0.03mA$$

$$I_C = \beta I_B = 0.03 \times 50 = 1.5mA$$

$$U_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 6V$$

$$(2) A_{uo} = \frac{-\beta R_C}{r_{be}} \approx -171 \quad A_{us} = \frac{U_o}{U_i} \frac{U_i}{U_s}$$

$$= \frac{-\beta R_C}{R_{st} + r_{be}} \approx -92$$



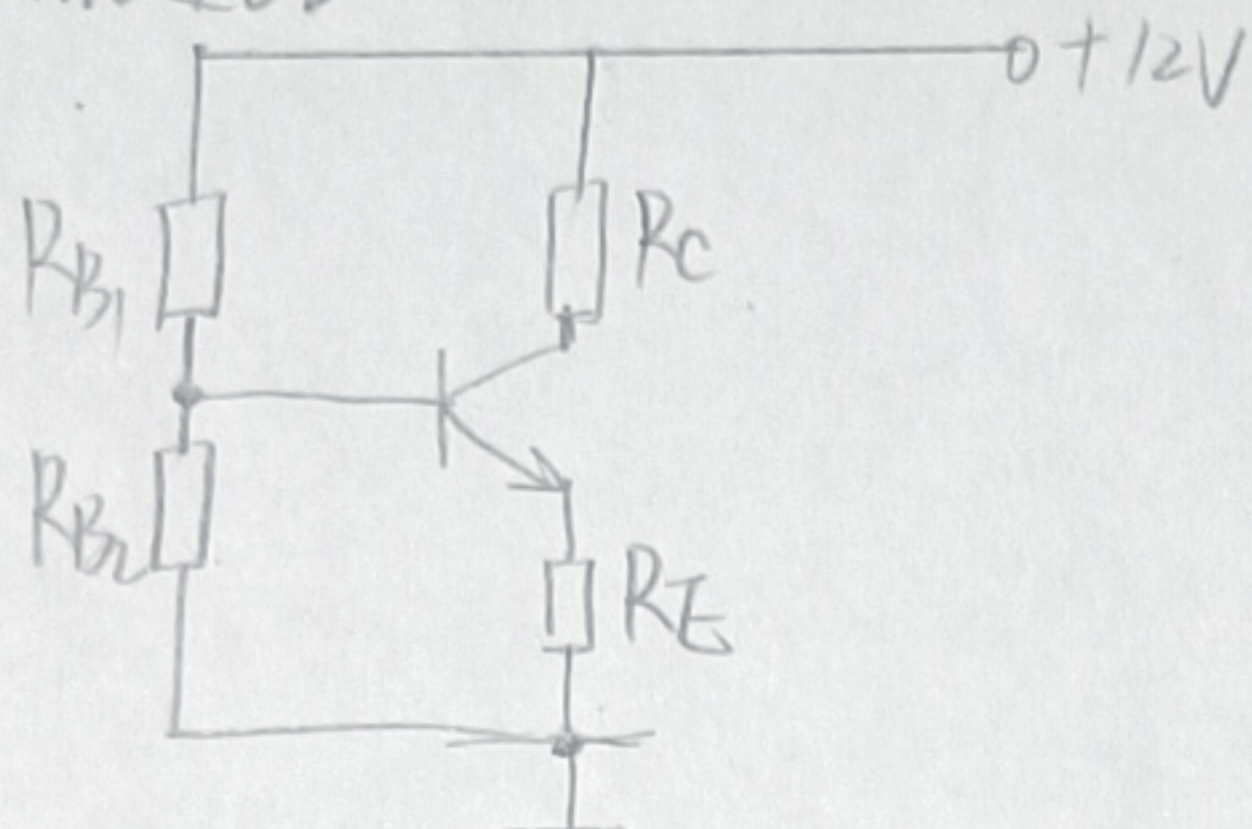
$$(3) r_i = R_B \parallel r_{be} \approx 2k\Omega \quad r_o = R_C = 4k\Omega$$

$$(4) A_{u2} = \frac{-\beta R_L'}{r_{be}} \quad (R_L' = R_C \parallel R_L) \quad \text{电压放大倍数会变小}$$

$$A_{us2} = \frac{U_o}{U_i} \frac{U_i}{U_s} = \frac{-\beta R_L'}{R_{st} + r_{be}} \quad (R_L' = R_C \parallel R_L) \quad \text{源电压放大倍数减小}$$

$$\approx -55$$

直流通路



6. 分压式偏置电路如图 2-6 所示, 三极管的发射结电压为 0.7 V。试求放大电路的静态工作点、电压放大倍数和输入、输出电阻, 并画出微变等效电路。

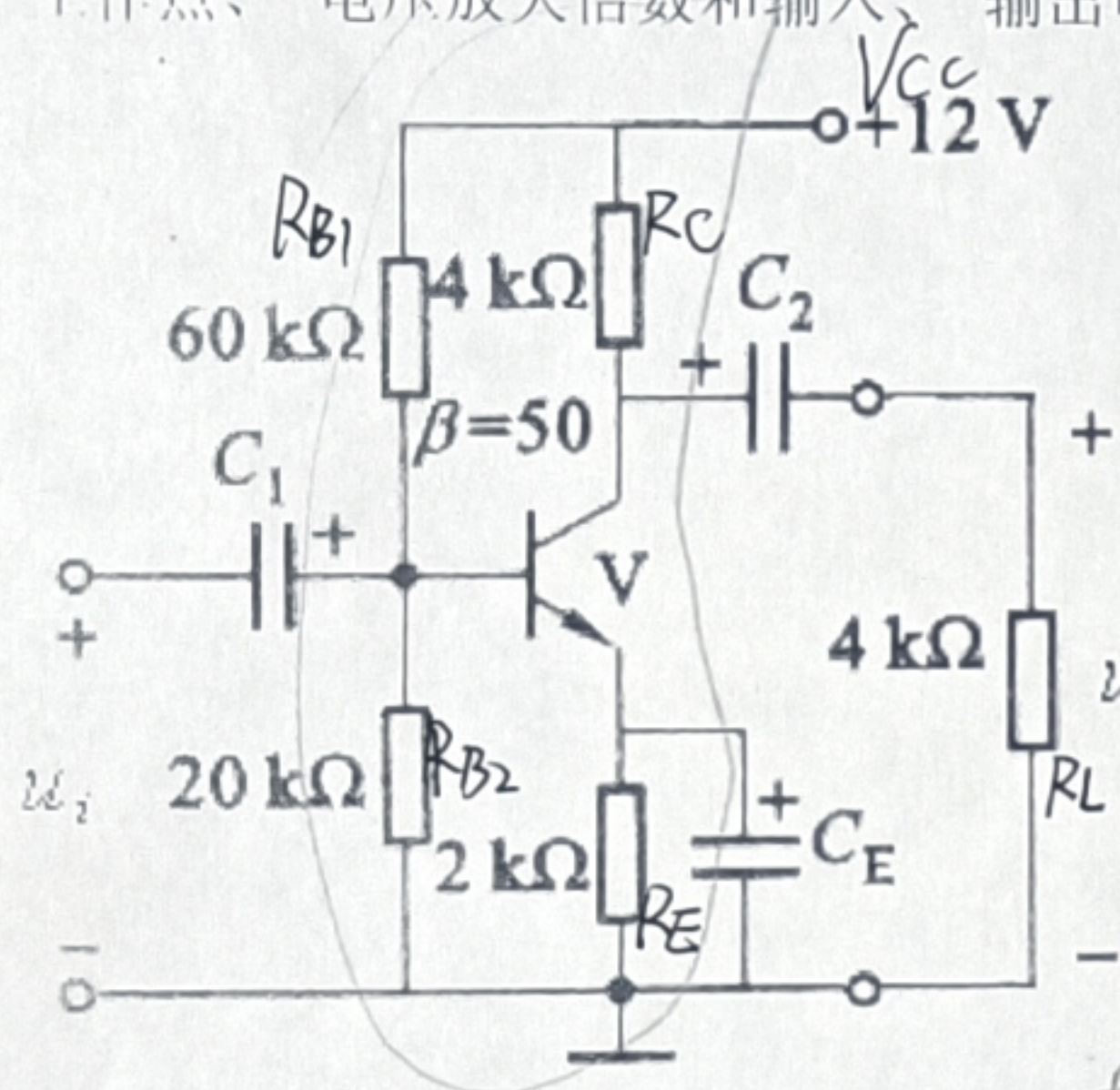


图 2-6

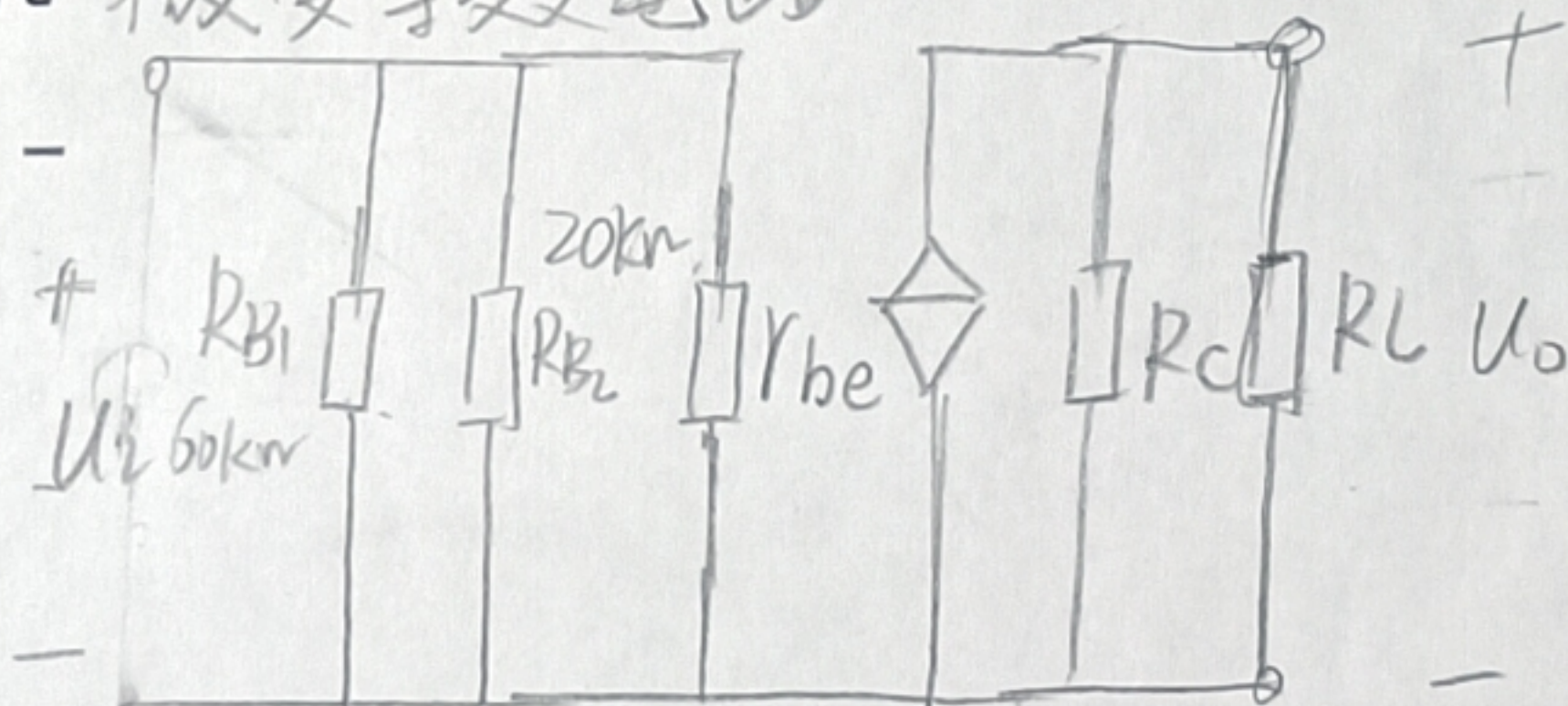
$$V_B = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC} = \frac{20}{60 + 20} \times 12 = 3V$$

$$I_C \approx I_E = \frac{V_B - U_{BE}}{R_E} = \frac{3V - 0.7V}{2k\Omega} = 1.15mA$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = 23\mu A$$

$$U_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 7.4V$$

微变等效电路



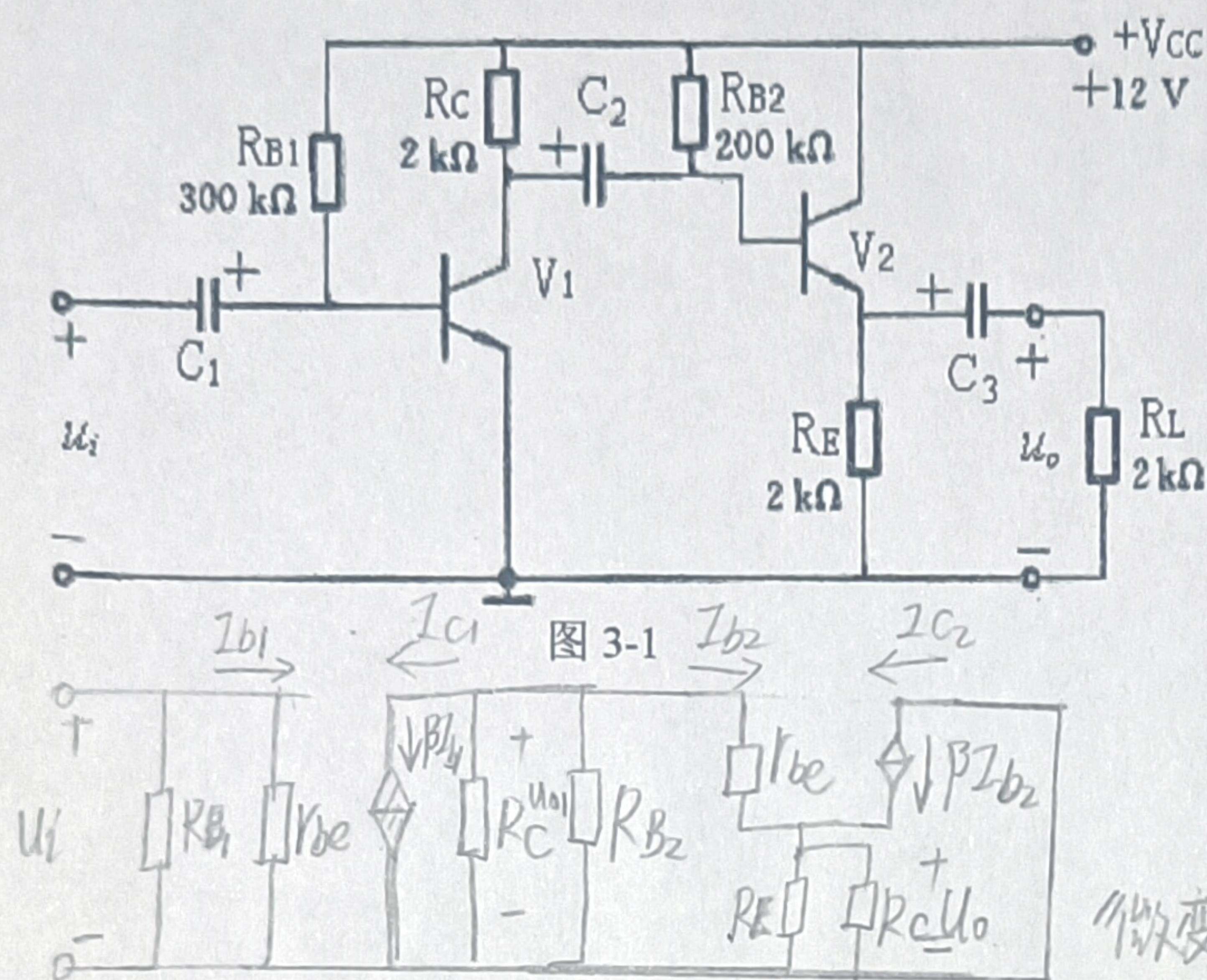
$$A_u = \frac{-\beta (R_C \parallel R_L)}{r_{be}} \approx -69$$

$$r_i = R_{B1} \parallel R_{B2} \parallel r_{be} \approx r_{be} = 300\Omega + \frac{26mV}{I_{EQ}} (1 + \beta) \approx 1.453k\Omega$$

$$r_o = R_C = 4k\Omega$$

第3章 多级放大电路

3-1 图 3-1 为两级阻容耦合放大电路，第二级放大电路采用射极跟随器以提高带负载能力， $\beta_1=\beta_2=60$ ， C_1 、 C_2 、 C_3 为耦合电容，其余参数如图中所示。计算电路的电压放大倍数、输入电阻和输出电阻。



第一级为共射极放大电路， $A_{u1} = \frac{-\beta_1 R_L'}{r_{be}}$ ($R_L' = R_C // R_{i2}$) $R_{i2} = R_{B2} // [r_{be} + (1+\beta_2)(R_E // R_L)]$

第二级为射极输出器 $A_{u2} = \frac{(1+\beta_2)R_L'}{r_{be} + (1+\beta_2)R_L'}$ ($R_L' = R_E // R_L$)

放大倍数 $A_u = A_{u1} \cdot A_{u2} = \frac{-\beta_1 R_L'}{r_{be}} \cdot \frac{(1+\beta_2)R_L'}{r_{be} + (1+\beta_2)R_L'}$

输入电阻： $R_i = R_{B1} // r_{be} \approx r_{be}$

输出电阻： $R_o = R_{O2} = R_E // \frac{r_{be} + R_s'}{1+\beta_2}$ ($R_s' = R_C // R_{B2}$)

3-2 图 3-2 所示两级放大电路中, 已知 $\beta_1 = 60$ 、 $\beta_2 = 100$, $U_{BE1} = U_{BE2} = 0.7V$,

$R_{B1} = 1M\Omega$, $R_{B2} = 82K\Omega$, $R_{B3} = 22K\Omega$, $R_{E1} = 30K\Omega$, $R_{E2} = 2K\Omega$,

$R_C = 5.1K\Omega$, $+V_{CC} = 24V$, 试计算:

- (1) V_1 、 V_2 的静态工作点;
- (2) 电压放大倍数、输入电阻和输出电阻。

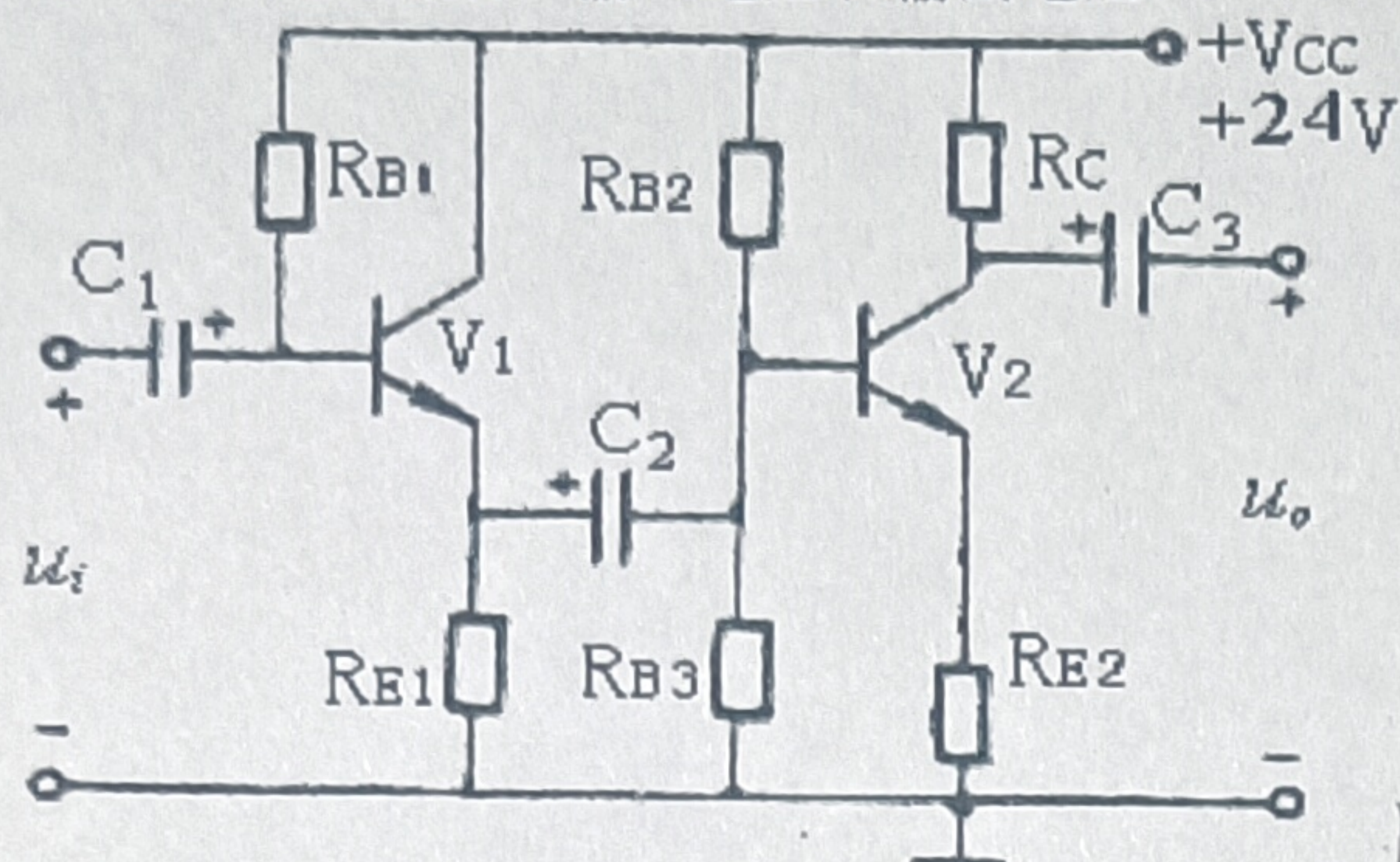
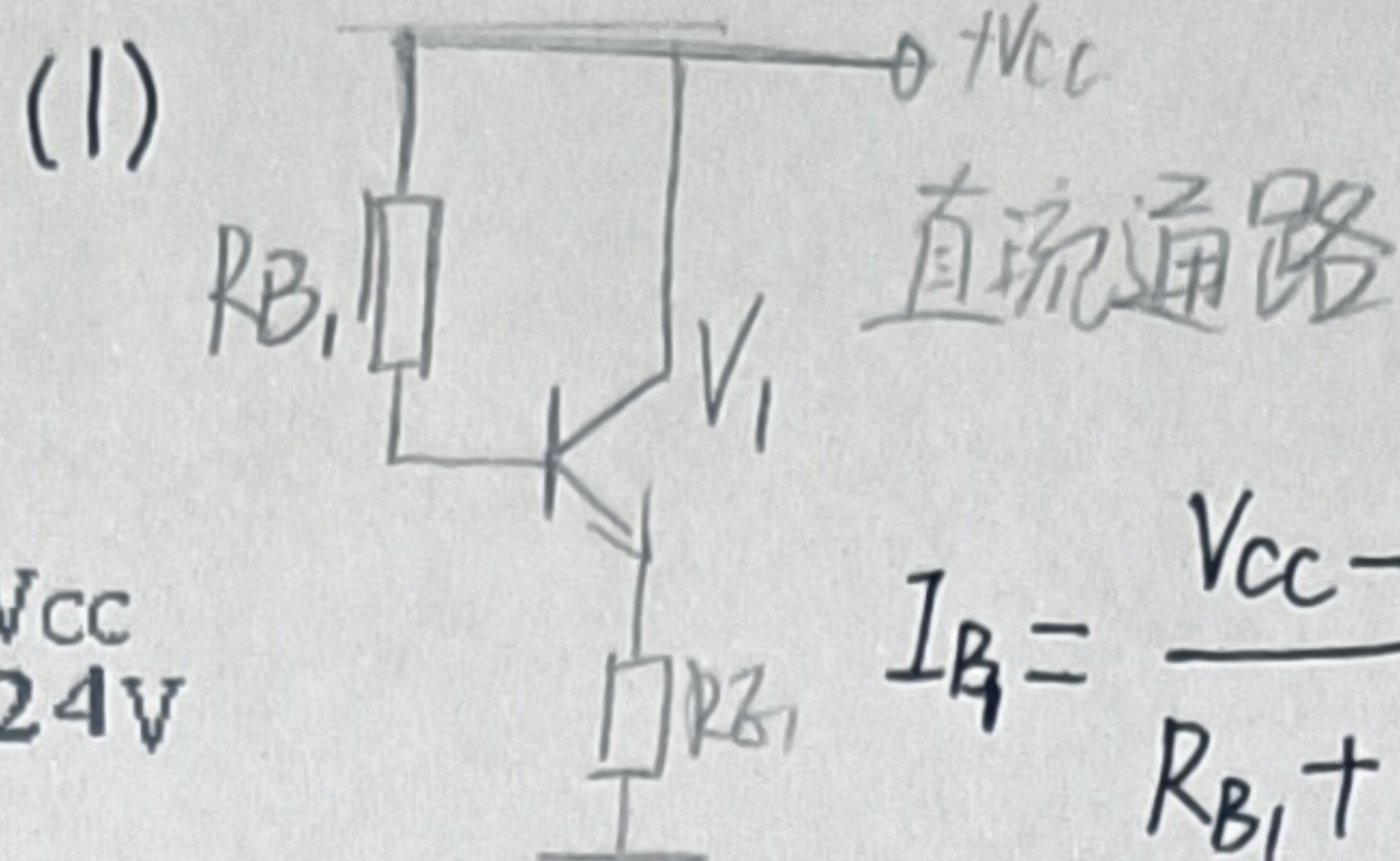


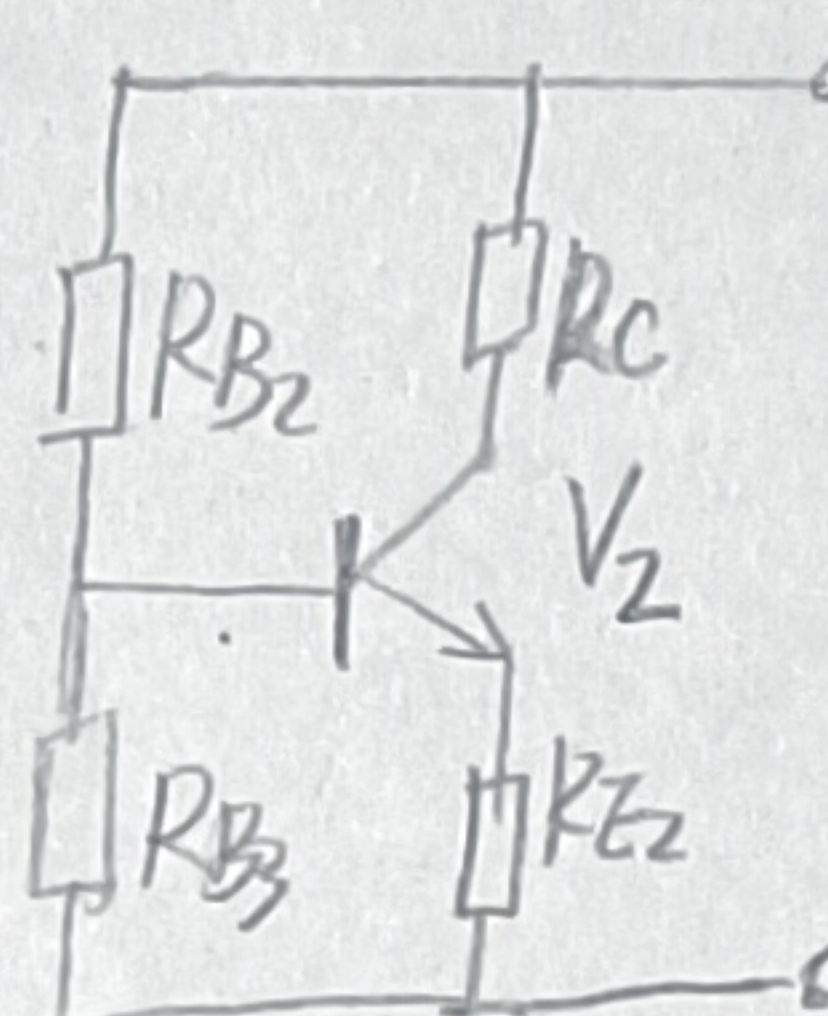
图 3-2



$$I_B = \frac{V_{CC} - U_{BE1}}{R_{B1} + (1+\beta)R_{E1}} = 0.0082mA = 8.2\mu A$$

$$I_{E1} = (1+\beta)I_B = 0.5mA$$

$$U_{CE1} = V_{CC} - I_{E1}R_{E1} = 9V$$

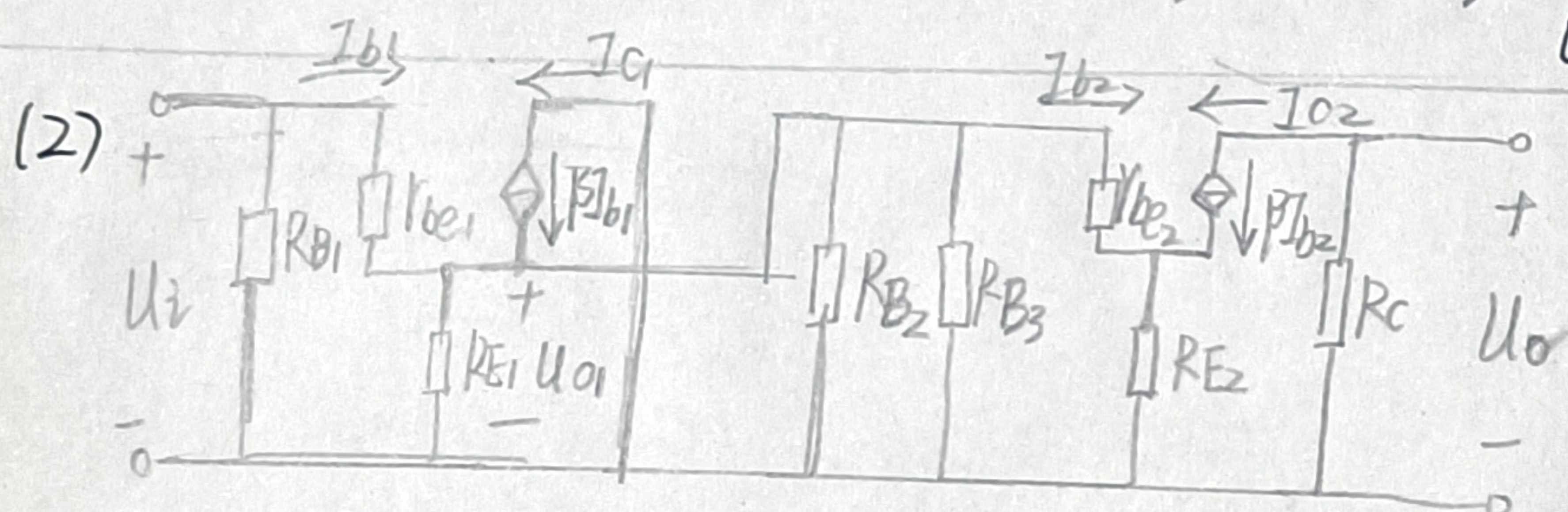


$$V_{B2} = \frac{R_{B2} \cdot V_{CC}}{R_{B2} + R_{B3}} \approx 5.1V$$

$$I_C \approx I_E = \frac{V_{B2} - U_{BE2}}{R_{E2}} = 2.2mA$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = 22\mu A$$

$$U_{CE2} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_{E2} = 8.38V$$



第一级是射极输出器

$$A_{u1} = \frac{U_{o1}}{U_i} = \frac{(1+\beta)R_{L1}'}{r_{be1} + (1+\beta)R_{L1}'} \quad (R_{L1}' = R_{E1} \parallel r_{i2})$$

第二级是分压式偏置电路

$$A_{u2} = \frac{U_o}{U_{o1}} = \frac{-\beta_2 R_C}{r_{be2} + (1+\beta_2)R_{E2}} \quad (r_{i2} = R_{B2} \parallel R_{B3} \parallel [r_{be2} + (1+\beta_2)R_{E2}])$$

$$\text{电压放大倍数 } A_u = \frac{U_o}{U_i} = A_{u1} \cdot A_{u2}$$

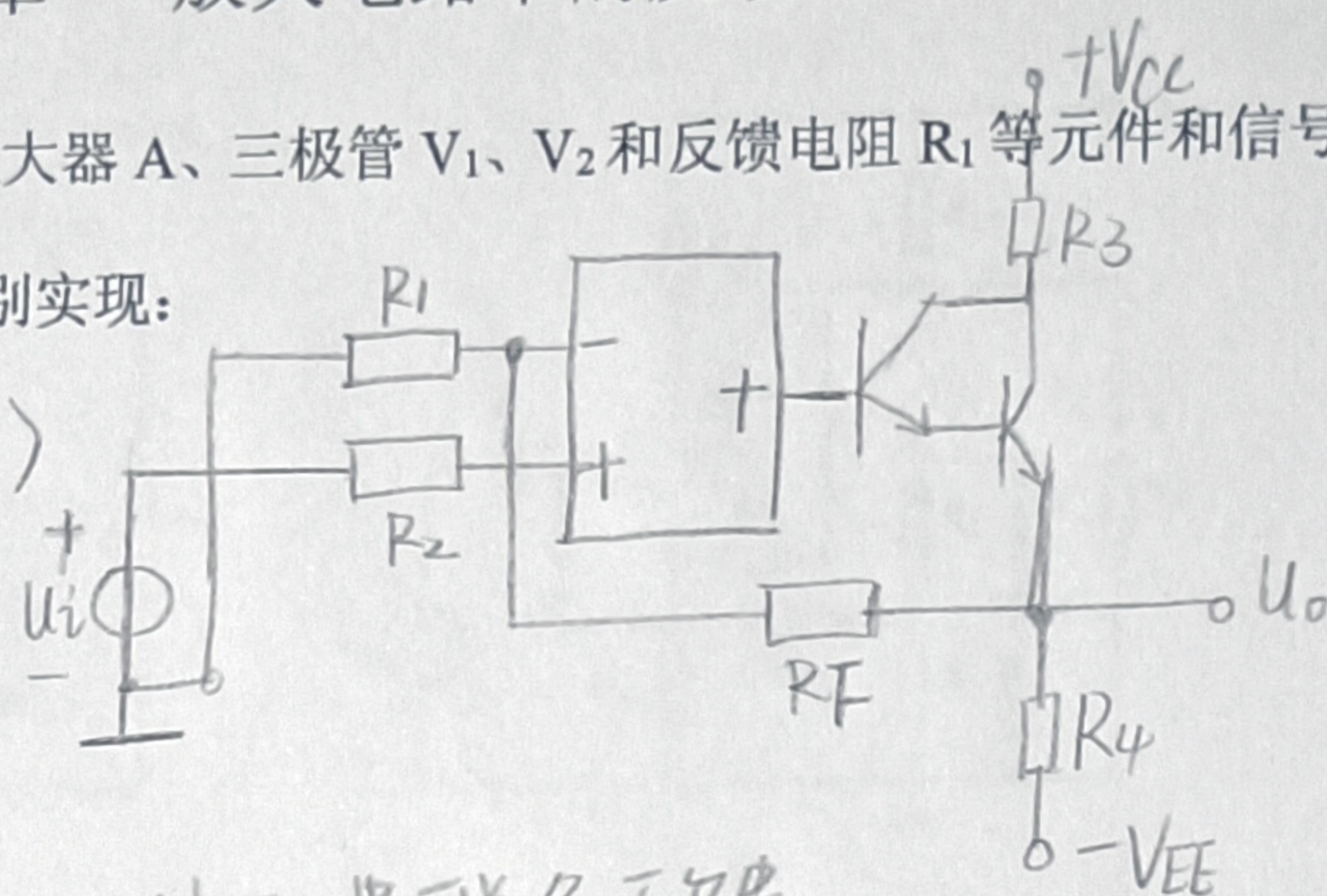
$$\text{输入电阻 } r_i = R_{B1} \parallel [r_{be1} + (1+\beta_1)R_{L1}']$$

$$\text{输出电阻 } r_o = r_{o2} = R_C$$

第 6 章 放大电路中的反馈

6-1 用图 6-1 所给的集成运算放大器 A、三极管 V_1 、 V_2 和反馈电阻 R_1 等元件和信号源一起构成反馈放大电路，要求分别实现：

- (1) 电压串联负反馈；
- (2) 电压并联负反馈；
- (3) 电流串联负反馈；
- (4) 电流并联负反馈。



电压串联负反馈

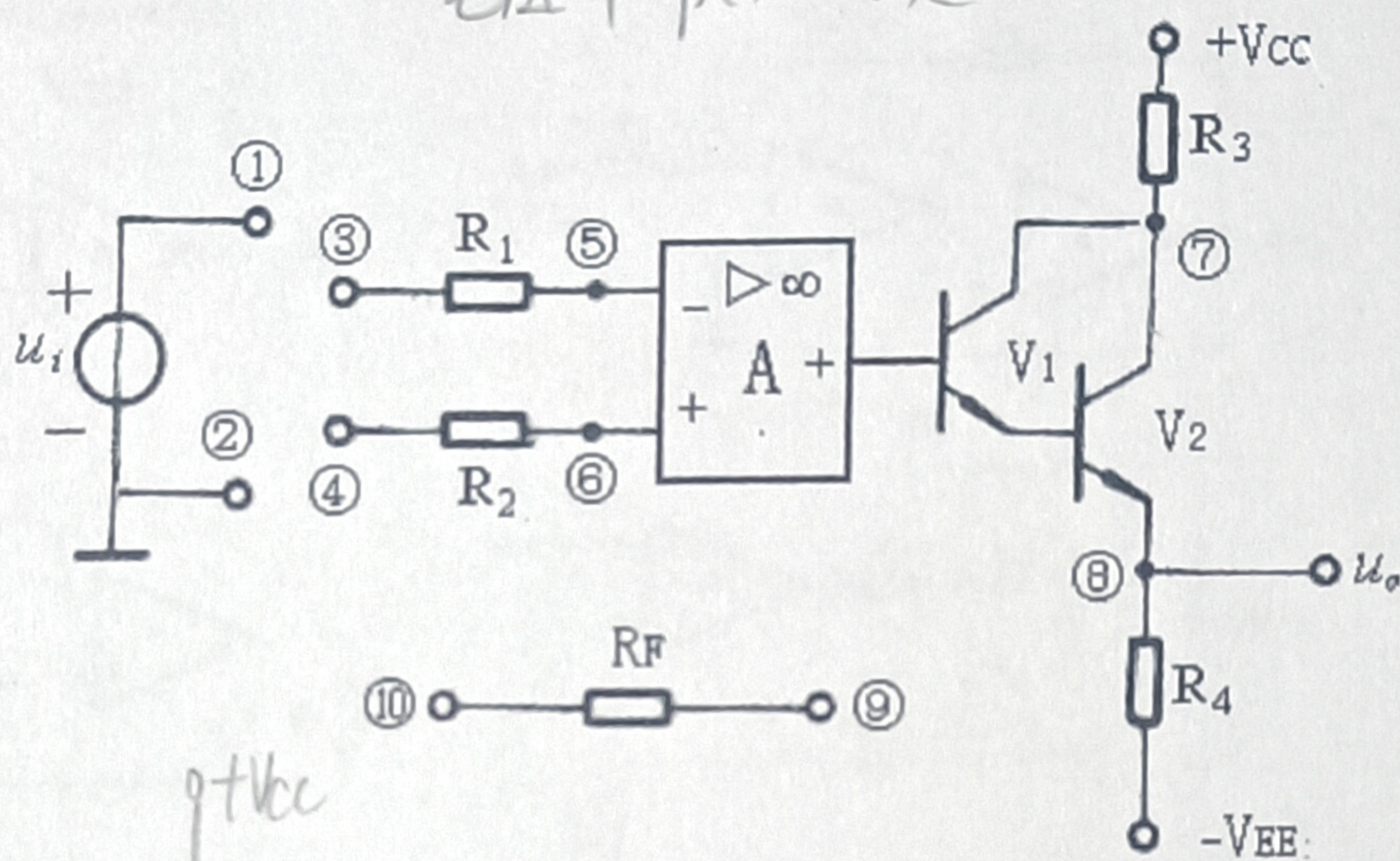
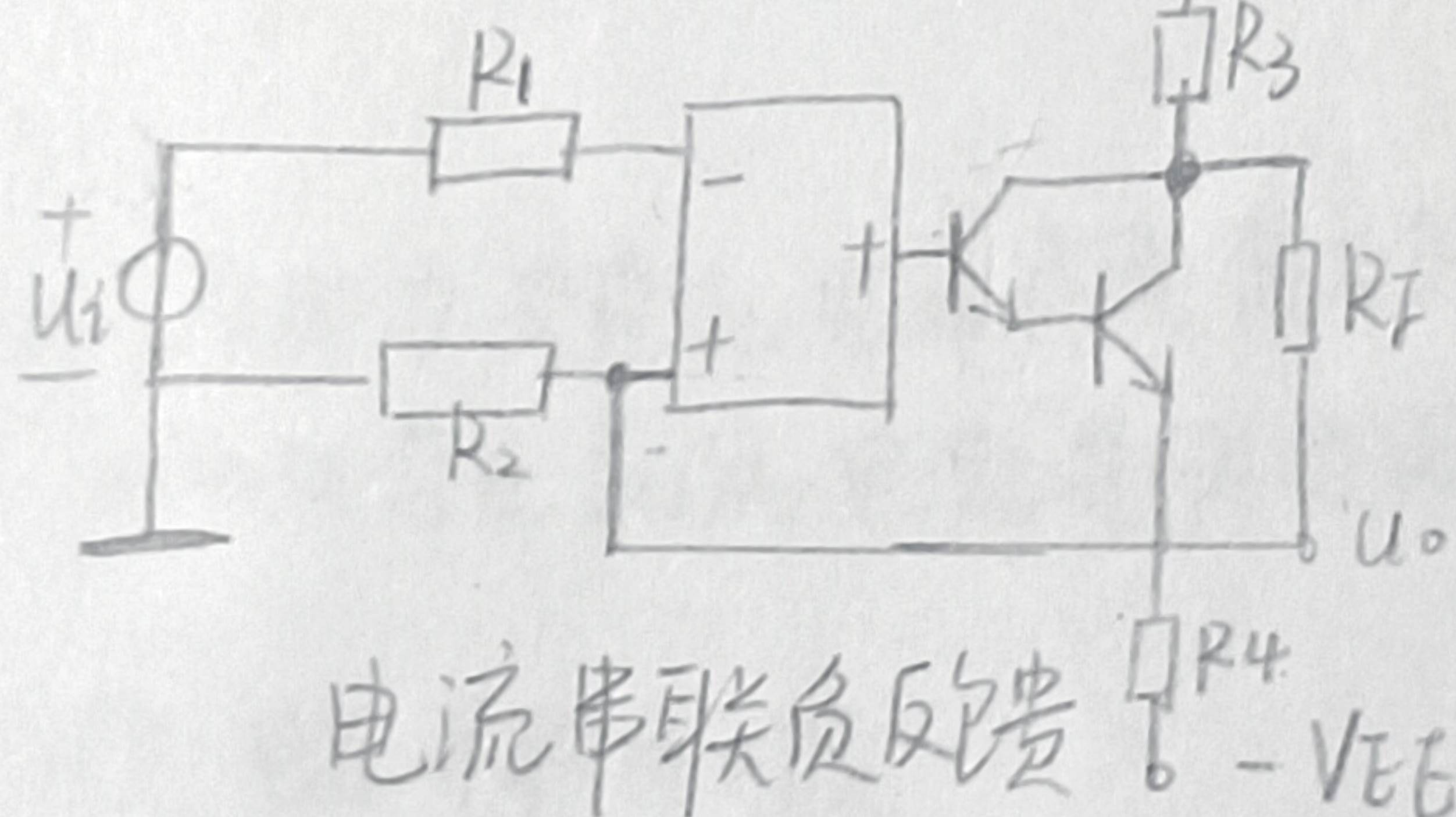
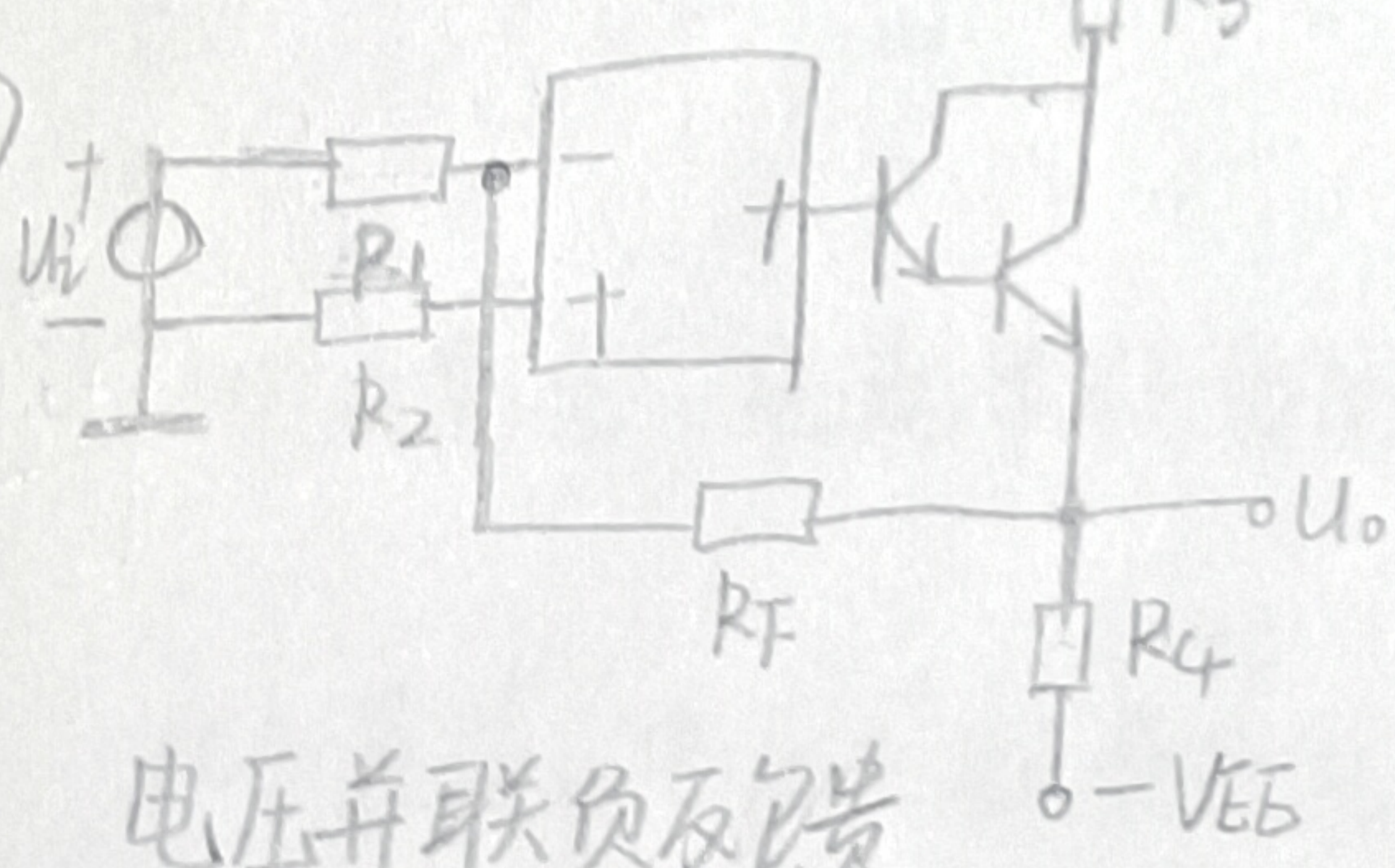


图 6-1

(2)

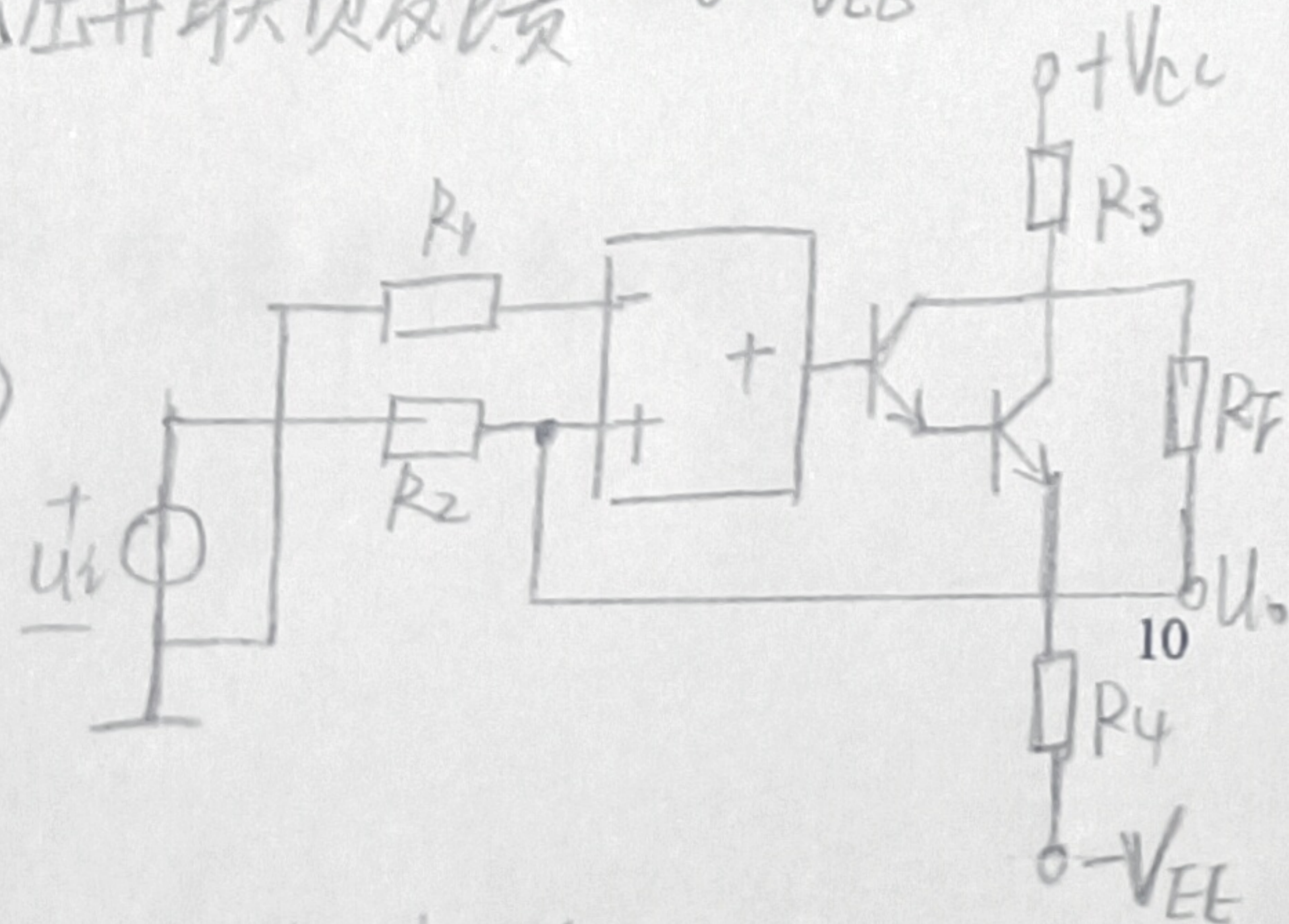


电流串联负反馈



电压并联负反馈

(4)



电流并联负反馈

6-2 电路如图 6-2 所示，试指出图中各电路中有无反馈？若有反馈，判别反馈极性及其反馈类型（说明各电路中的反馈是正、负、交流、直流、电压、电流、串联、并联反馈）

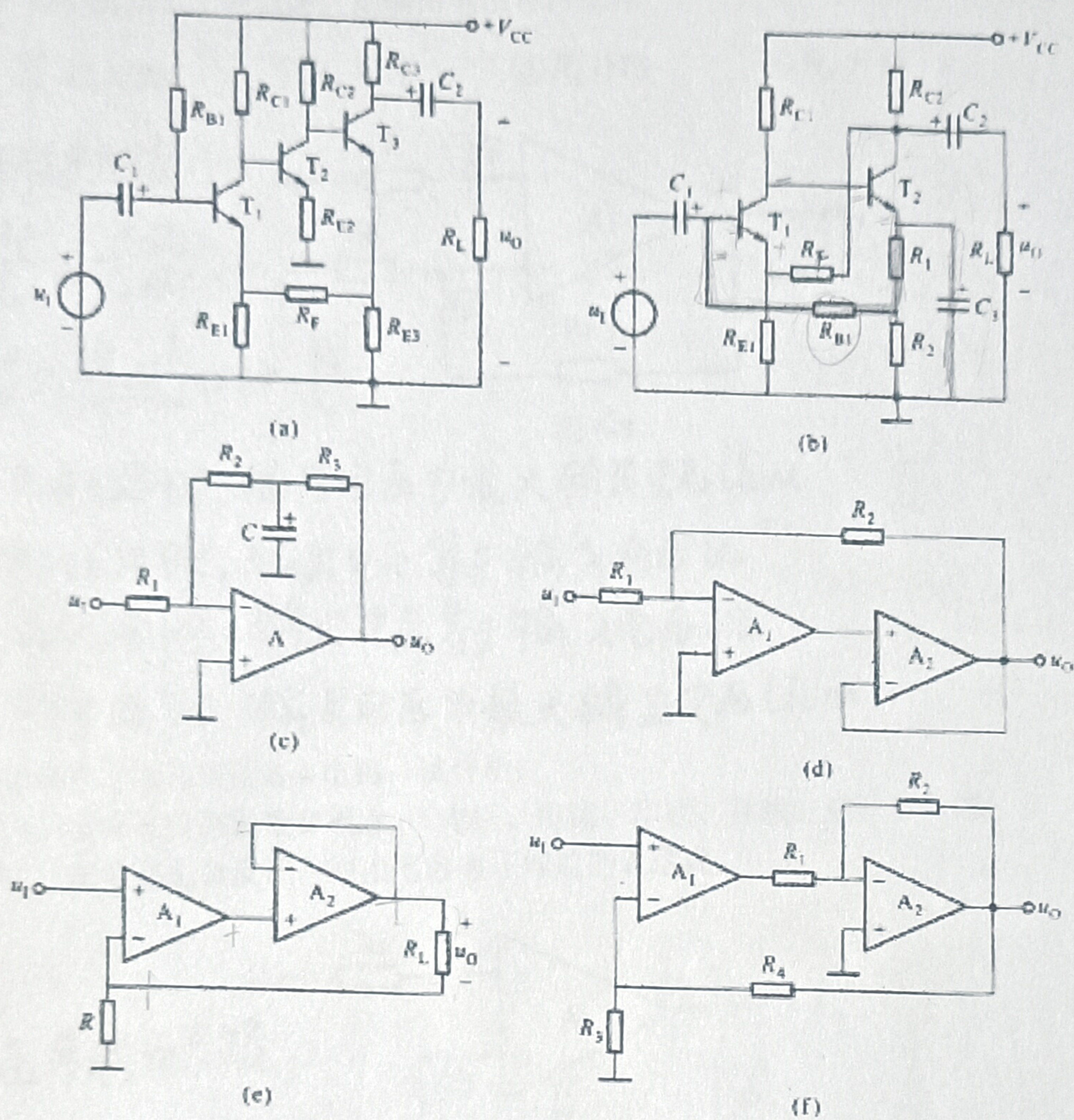


图 6-2

- (a) 交直流 电流串联负反馈

(b) R_F 处为交直流电压串联负反馈
 R_B 处存在直流电流并联负反馈
- (c) 直流 电压并联负反馈

(d) 电压并联负反馈
- (e) 电流串联负反馈

(f) 级内为电压并联负反馈
级间为电压串联正反馈

6-3 理想运放构成的同相比例放大电路如图 6-3 所示。试回答下列问题：

(1) 判断电路反馈的极性和组态，写出闭环电压增益 A_{uf} 的表达式。

(2) 该电路发生下列故障，则输出电压有何变化？

- ① R_1 短路 ② R_F 短路 ③ R_1 开路 ④ R_F 开路

(1) 电压串联负反馈

$$F_{uu} = \frac{U_f}{U_o} = \frac{R_1}{R_1 + R_F}$$

$$A_{uf} = \frac{U_o}{U_i} \approx \frac{U_o}{U_f} = \frac{1}{F_{uu}} = 1 + \frac{R_F}{R_1}$$

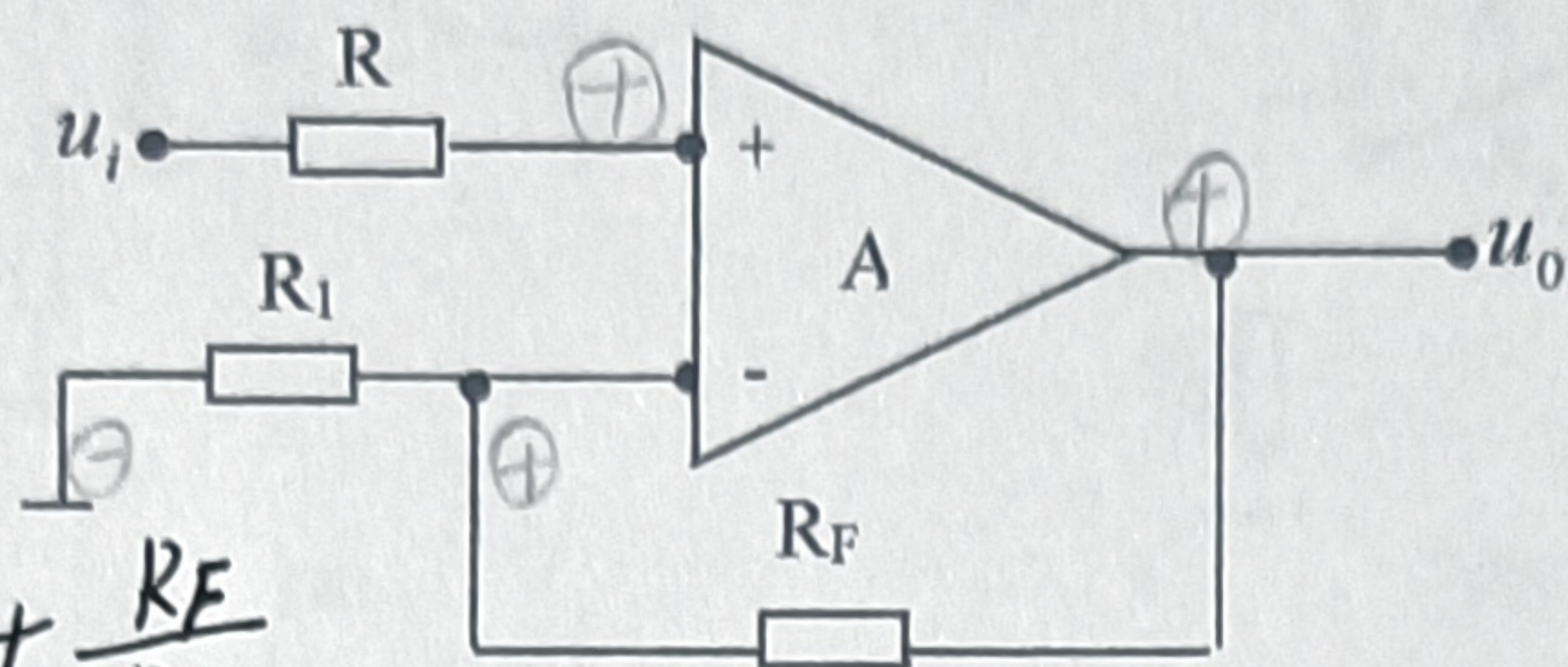


图 6-3

(2) ① R_1 短路时，输出电压为最大输出电压 U_{om}

② R_F 短路时，输出电压等于输入电压 U_i

③ R_1 开路时，输出电压等于输入电压 U_i

④ R_F 开路时，输出电压为最大输出电压 U_{om}

6-4 理想运放构成图 6-4 电路，试分析：

(1) 电路的反馈极性和组态。(电压、电流、串联、并联、正、负反馈)

(2) 若电路是负反馈，写出电路电压增益的表达式。

(1) 电压串联负反馈

$$F_{uu} = \frac{U_f}{U_o} = -\frac{R_3}{R_2}$$

$$A_{uuf} = \frac{U_o}{U_i} \approx \frac{U_o}{U_f} = \frac{1}{F_{uu}} = -\frac{R_2}{R_3}$$

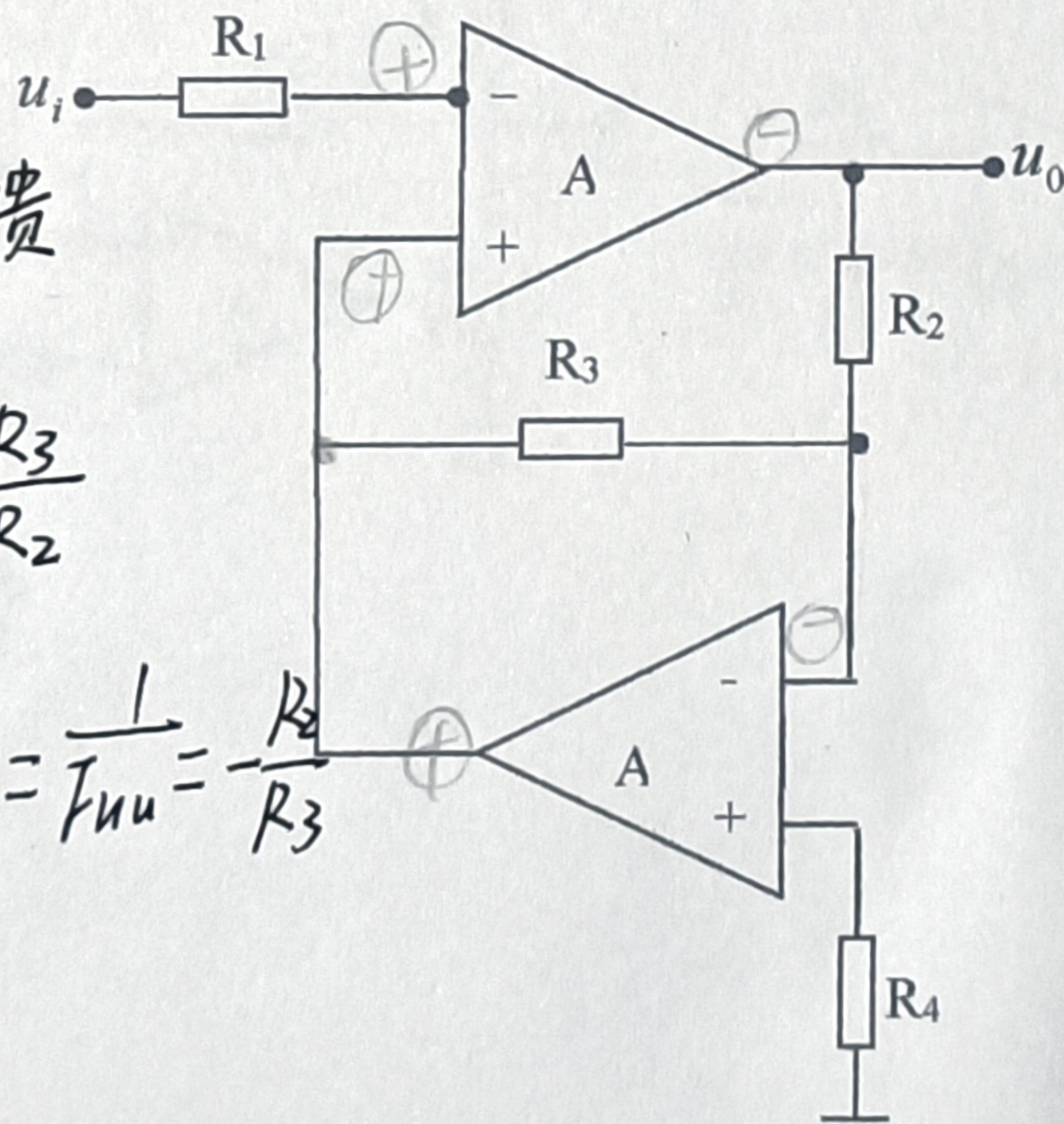
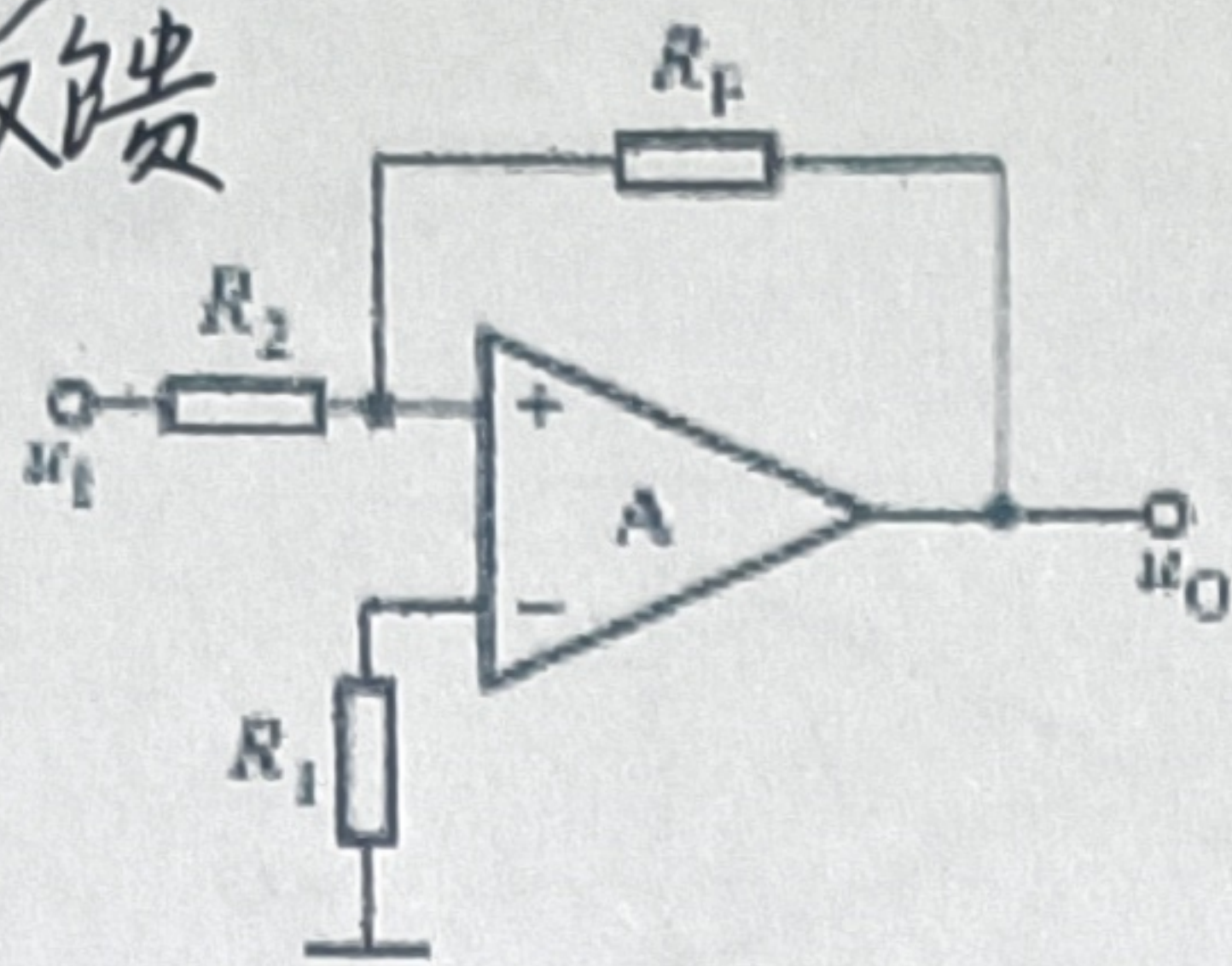


图 6-4

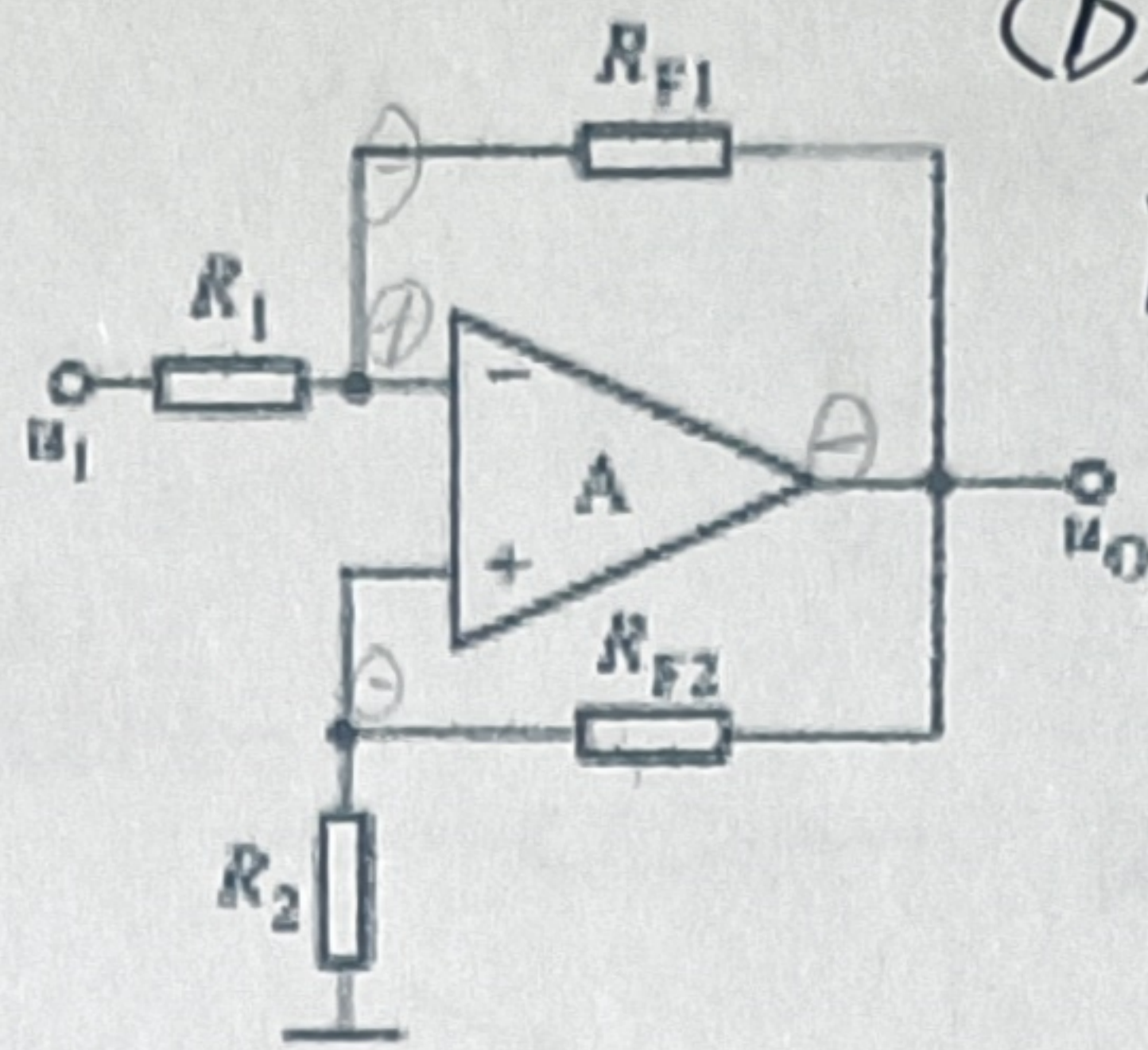
6-5 试判断图 6-5 中各电路中反馈的极性和组态, 各电路均满足深度负反馈条件, 试分别估算它们的电压放大倍数。

(a) 电压并联正反馈



(a)

(b) R_{F1} 电压并联负反馈, R_{F2} 引入正反馈



(b)

$$F_{iu} = \frac{I_f}{U_o} = \frac{-U_o}{R_{F1} U_o} = -\frac{1}{R_{F1}}$$

$$A_{uf} = \frac{U_o}{U_s} \approx \frac{U_o}{I_s R_1} \approx \frac{U_o}{I_f R_1} \approx \frac{U_o}{I_f R_1}$$

$$= \frac{1}{F_{iu}} \cdot \frac{1}{R_1}$$

$$= -\frac{R_{F1}}{R_1}$$

(c) 电压并联负反馈

$$F_{iu} = \frac{I_f}{U_o} = -\frac{1}{R_F}$$

$$A_{uf} = \frac{U_o}{U_s} \approx \frac{U_o}{I_s R_s} \approx \frac{U_o}{I_f R_s}$$

$$= \frac{1}{F_{iu}} \cdot \frac{1}{R_s} = -\frac{R_F}{R_s}$$

(c)

(e) 电压串联负反馈

$$F_{uu} = \frac{U_f}{U_o} = \frac{R_F}{R_2 + R_F}$$

$$A_{uf} = \frac{1}{F_{uu}} = 1 + \frac{R_2}{R_F}$$

(e)

(d) 电流串联负反馈

$$F_{ui} = \frac{U_f}{I_o} = -\frac{R_1 R_e}{(R_1 + R_F) + R_e}$$

$$A_u = \frac{U_o}{U_i} \approx \frac{U_o}{U_f} = \frac{I_o R_c}{U_f} = \frac{1}{F_{ui}} \cdot R_c$$

$$= -\frac{R_1 + R_F + R_e}{R_1 R_e} \cdot R_c$$

(d)

(f) 电流并联负反馈

$$F_{ii} = \frac{I_f}{I_o} = -\frac{R_e}{R_F + R_e}$$

$$A_{uf} = \frac{U_o}{U_s} \approx \frac{U_o}{I_s R_s} \approx \frac{U_o}{I_f R_s}$$

$$= \frac{1}{F_{ii}} \cdot \frac{R_c}{R_s}$$

$$= -\left(1 + \frac{R_F}{R_e}\right) \cdot \frac{R_c}{R_s}$$

(f)

图 6-5

第7章 信号的运算和处理

7-1 如图 7-1 所示各比例电路中的集成运放均为理想运放, 试列出它们的输出电压 u_{O1} 、 u_{O2}

及 u_O 的表达式。

(a) A_1 为电压跟随器: $u_{O1} = u_{I1}$

$$\text{由 } \frac{u_{O1}}{R_1} = -\frac{u_{O1}'}{R_2} \Rightarrow u_{O1}' = -\frac{R_2}{R_1} u_{O1} \quad (1)$$

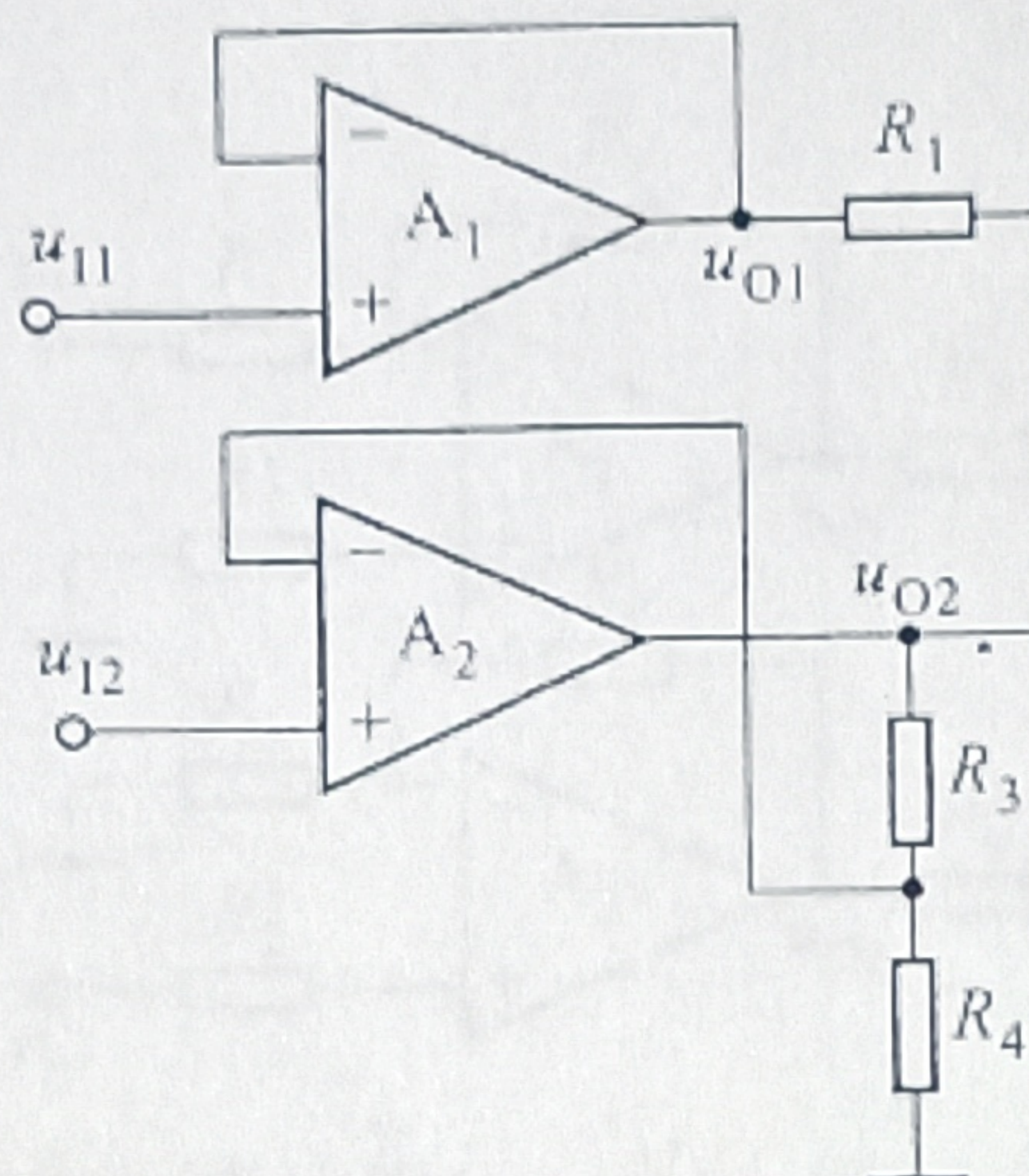
$$u_{O2} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} u_{O2} \Rightarrow u_{O2} = (1 + \frac{R_3}{R_4}) u_{I2}$$

$$\text{由 } u_+ = u_{O2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_{O2}'$$

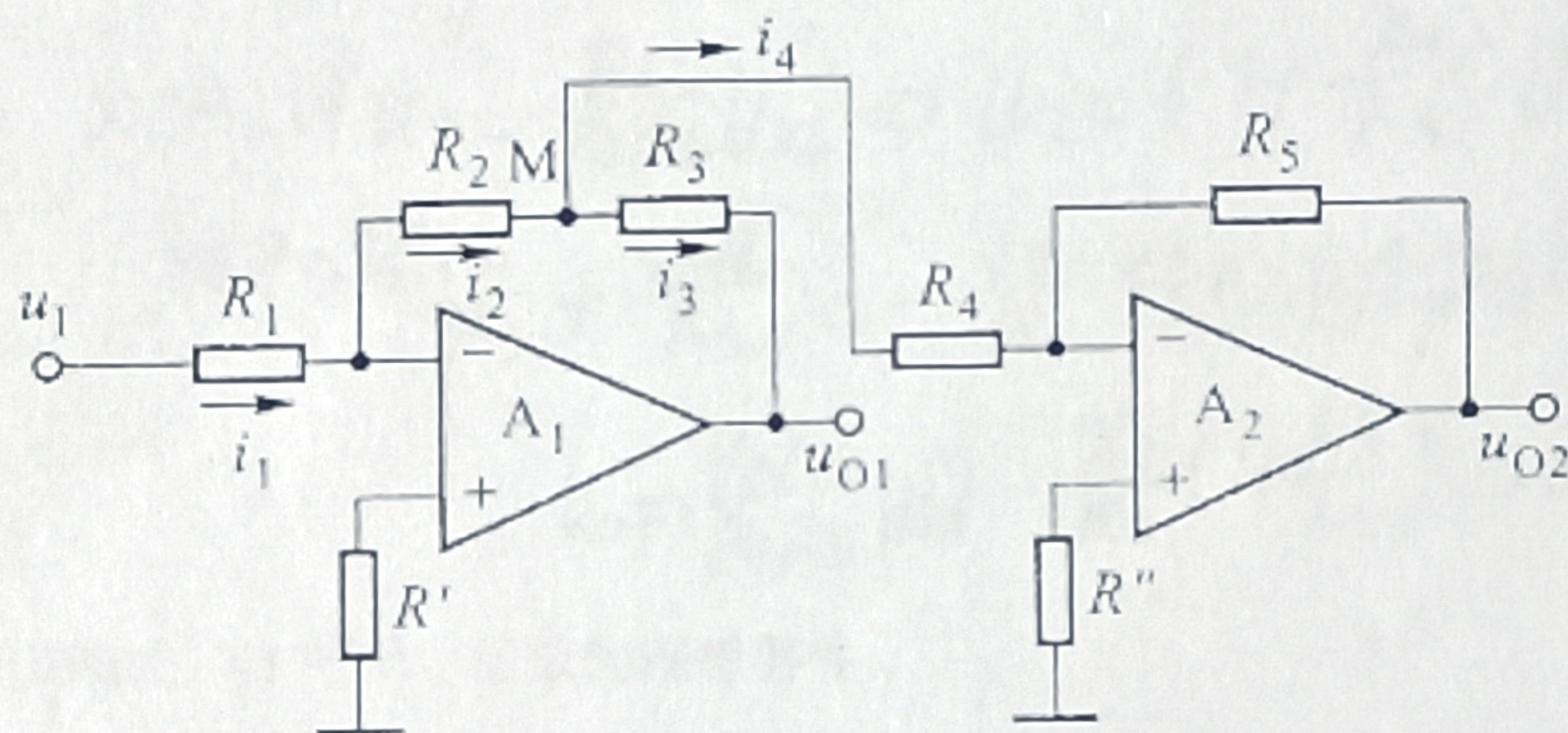
$$\text{即 } u_{O2}' = (1 + \frac{R_2}{R_1}) u_{O2} \quad (2)$$

$$\text{由叠加原理 } u_O = u_{O1}' + u_{O2}' = -\frac{R_2}{R_1} u_{O1} + (1 + \frac{R_2}{R_1}) u_{O2}$$

$$\text{即 } u_O = -\frac{R_2}{R_1} u_{I1} + (1 + \frac{R_2}{R_1}) (1 + \frac{R_3}{R_4}) u_{I2}$$



(a)



(b)

$$(b) \frac{u_m}{R_4} = -\frac{u_{O2}}{R_5} \Rightarrow u_{O2} = -\frac{R_5}{R_4} u_m \Rightarrow u_m = -\frac{R_4}{R_5} u_{O2}$$

$$\frac{u_1}{R_1} = -\frac{u_m}{R_2} = \frac{u_m}{R_4} + \frac{u_m - u_{O1}}{R_3} \Rightarrow u_{O2} = -\frac{R_5}{R_4} \cdot -\frac{R_2}{R_1} u_1 = \frac{R_2 R_5}{R_1 R_4} u_1 \quad (1)$$

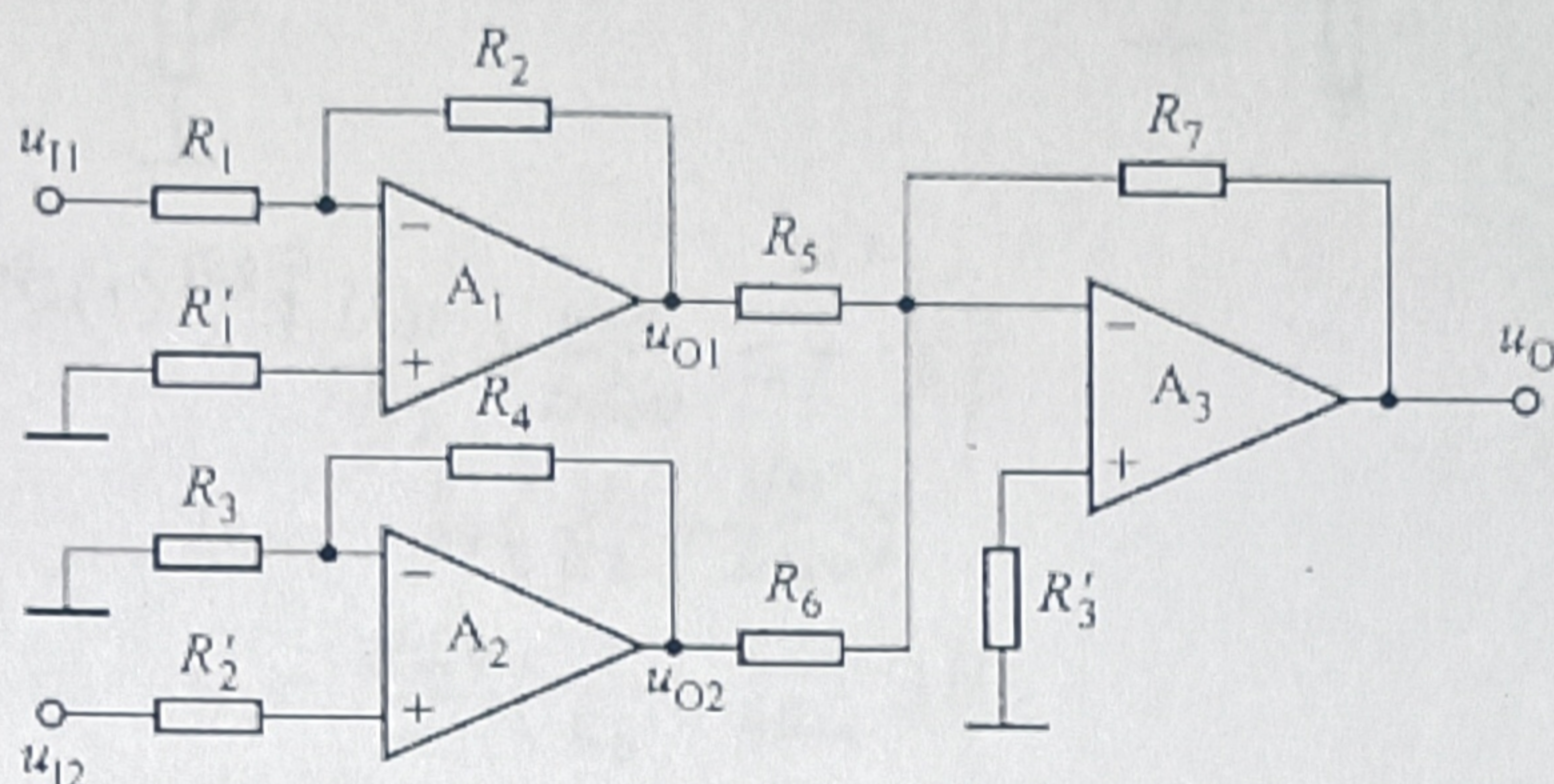
$$\frac{u_m}{R_2} + \frac{u_m}{R_4} + \frac{u_m}{R_3} = \frac{u_{O1}}{R_3}$$

$$\text{即 } u_{O1} = (\frac{R_3}{R_2} + \frac{R_3}{R_4} + 1) u_m$$

$$\therefore u_{O1} = -\frac{R_2}{R_1} (\frac{R_3}{R_2} + \frac{R_3}{R_4} + 1) u_1 \quad (2)$$

7-2 如图 7-2 中的集成运放 A_1 、 A_2 和 A_3 均为理想运放。

- (1) 试问 A_1 、 A_2 和 A_3 分别组成何种运算电路。 <1> A_1 为反相比例运算电路
 A_2 为同相比例运算电路
 A_3 为加法运算电路。
- (2) 分别列出输出电压 u_{O1} 、 u_{O2} 和 u_O 的表达式。



(2) 对 A_1 有 $\frac{u_{i1}}{R_1} = -\frac{u_{O1}}{R_2} \Rightarrow u_{O1} = -\frac{R_2}{R_1} u_{i1}$ ①

对 A_2 有 $u_+ = \frac{R_3}{R_3 + R_4} u_{O2} \Rightarrow u_{O2} = (1 + \frac{R_4}{R_3}) u_{i2}$ ②

对 A_3 有 $(\frac{u_{O1}}{R_5} + \frac{u_{O2}}{R_6}) = -\frac{u_O}{R_7}$ 将①、②代入得

$$u_O = \frac{R_2 R_1}{R_1 R_5} u_{i1} - \frac{R_7}{R_6} (1 + \frac{R_4}{R_3}) u_{i2} \quad ③$$

7-3 电路如图 7-3 所示，运放为理想器件。

- (1) 试分别写出 u_{O1} 、 u_O 与 u_i 的关系式（假设 R_W 的滑动端位于中间位置）。

- (2) 试问，当 R_W 的滑动端由上而下移动时 u_O 怎样变化？

<1> 对 A_1 (反相比例运算电路) $\frac{u_i}{R_1} = -\frac{u_{O1}}{R_2} \therefore u_{O1} = -\frac{R_2}{R_1} u_i$ ①

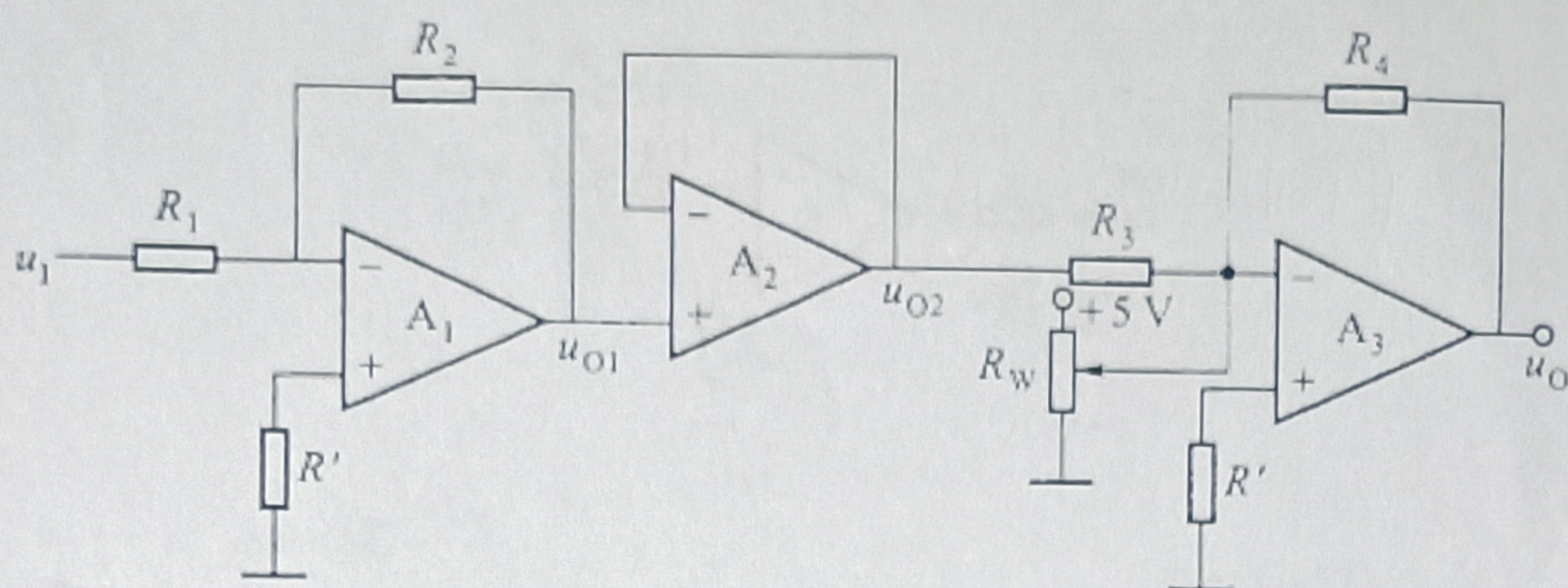
对 A_2 (电压跟随器) $\therefore u_{O1} = u_{O2}$

对 A_3 (加法运算电路) $\frac{u_{O2}}{R_3} + \frac{u_{O2}}{\frac{R_W}{2}} = -\frac{u_O}{R_4}$

$$\frac{u_{O1}}{R_3} + \frac{2u_{O1}}{R_W} = -\frac{u_O}{R_4}$$

$$\therefore u_O = -R_4 \left(\frac{u_{O1}}{R_3} + \frac{2u_{O1}}{R_W} \right)$$

$$\text{即 } u_O = \frac{R_2 R_4}{R_1} \left(\frac{1}{R_3} + \frac{2}{R_W} \right) u_i \quad ②$$



(2) 结合(1)可得 $\frac{u_{O1}}{R_3} + \frac{u_{O1}}{RW} = -\frac{u_O}{R_4}$ (图 7-3)

$$u_O = -R_4 \left(\frac{u_{O1}}{R_3} + \frac{u_{O1}}{RW} \right)$$

$$u_O = \frac{R_2 R_4}{R_1} \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{RW} \right) u_i$$

当 R_W 的滑动端由上而下移动时 u_O 逐渐减小

7-4 设图中各集成运放的最大输出电压 $\pm U_{OPP} = \pm 12V$, 稳压管的稳定电压 $U_Z = 6V$, 稳压管和二极管的正向导通电压 $U_D = 0.7V$ 。

压管和二极管的正向导通电压 $U_D = 0.7V$ 。

- (1) 试分析各个电路分别属于何种类型的电压比较器, 并画出它们的传输特性;
- (2) 如果将最大值为 $10V$ 的对称三角波分别输入各个电路, 试画出相应得输出的电压波形。

<1> (a) 单门限电压比较器

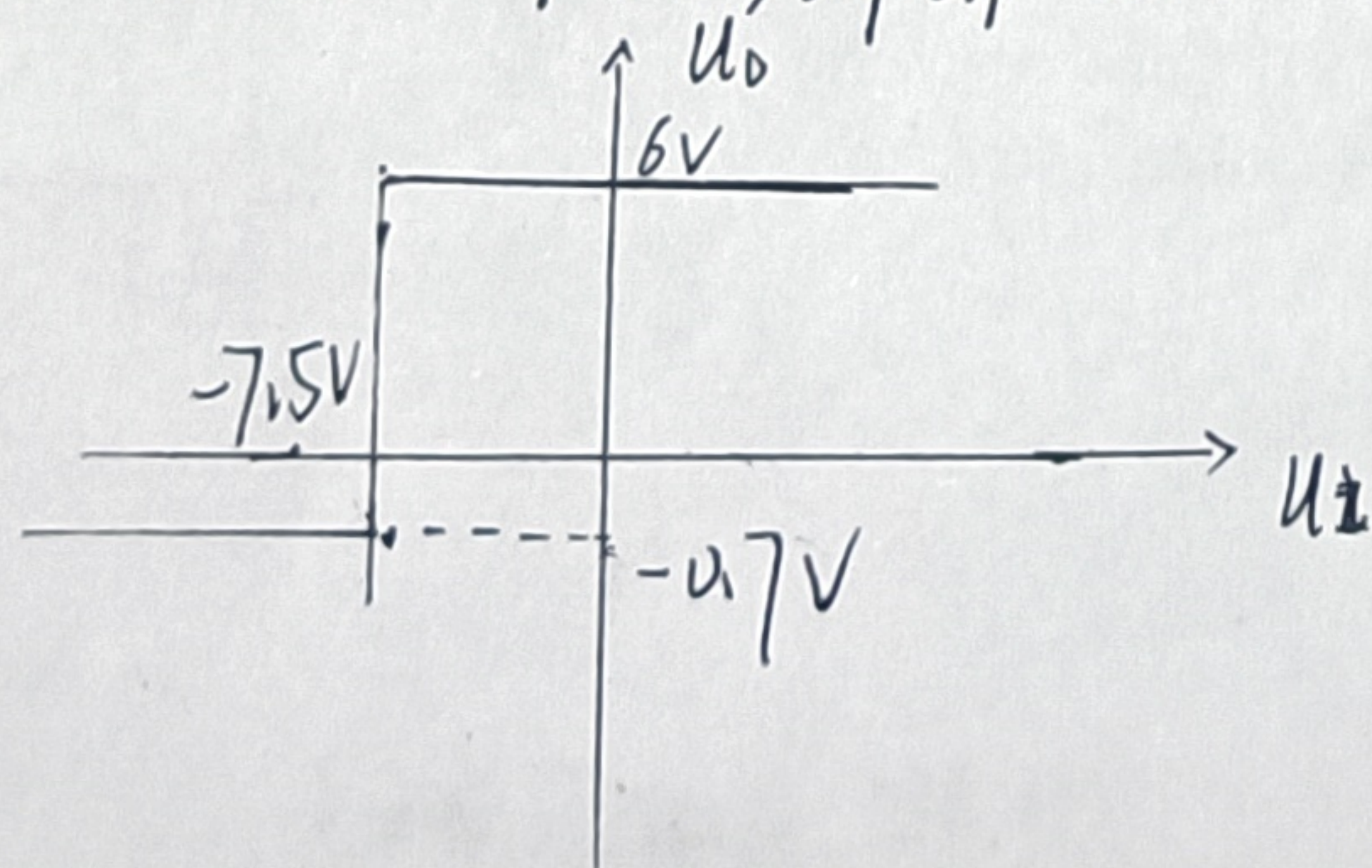
(b) 过零比较器

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} u_i + \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{REF} = 0$$

$$\text{即 } U_T = -\frac{R_1}{R_2} U_{REF} = -7.5V$$

当 $u_i > -7.5V$, 即 $u_P > u_N$, $u_O = 6V$

当 $u_i < -7.5V$, 即 $u_P < u_N$, $u_O = -0.7V$



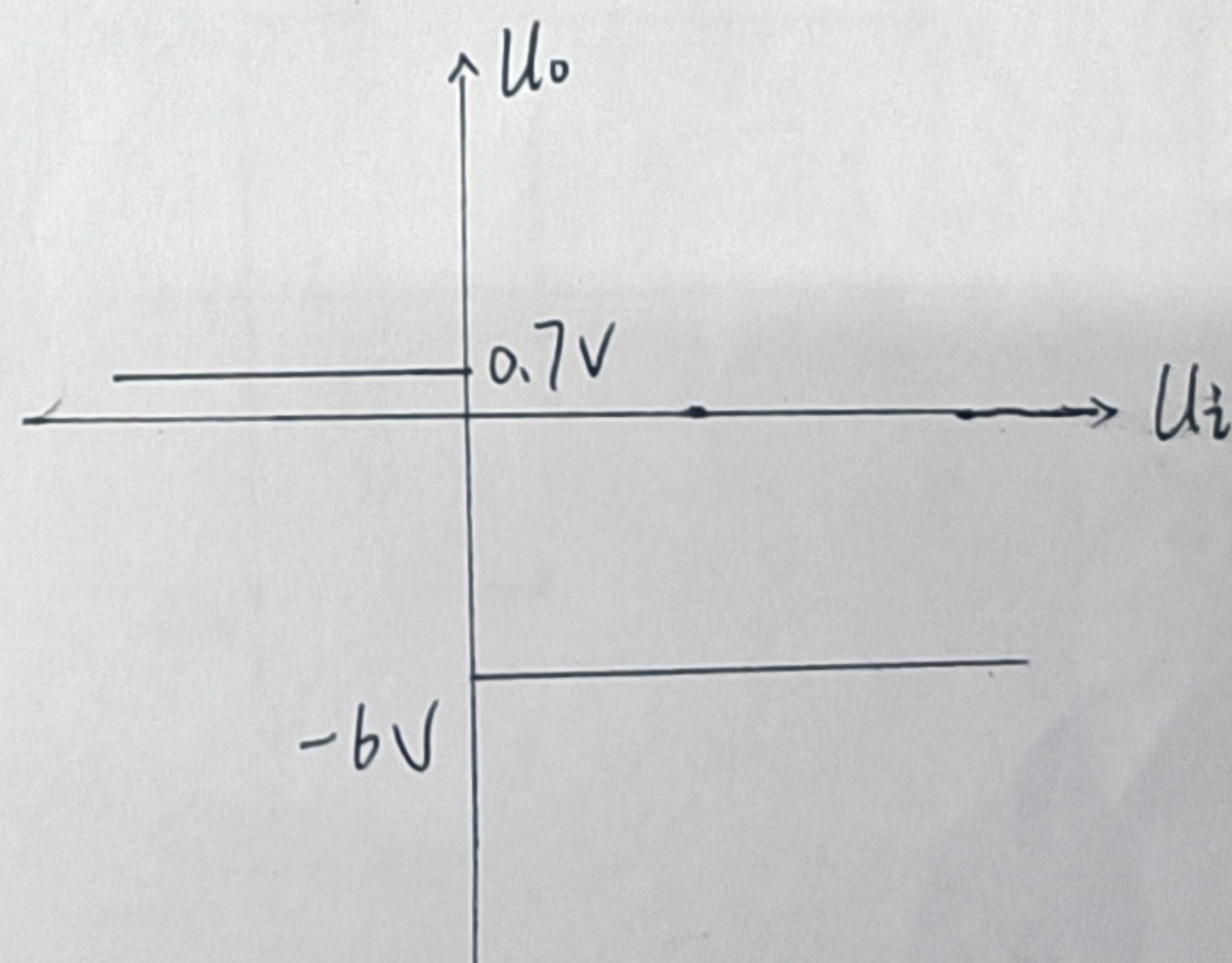
传输特性

当 $u_i > 0$ 时, 即 $u_P < u_N$, 稳压管稳压.

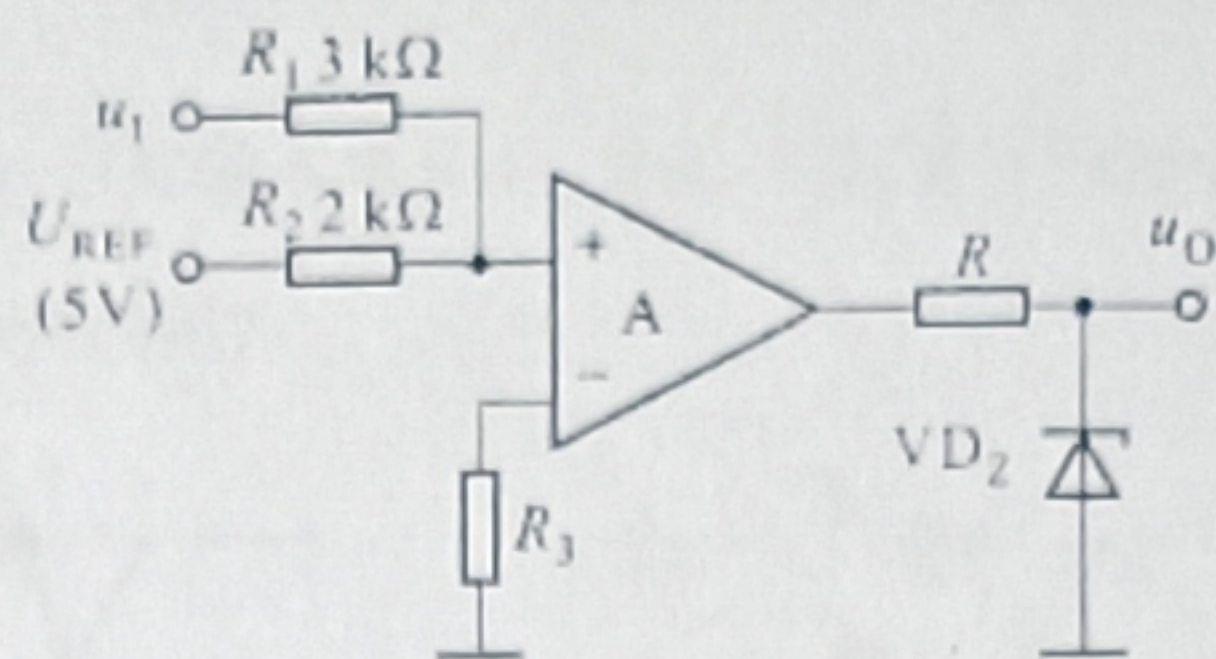
$$u_O = -U_Z = -6V$$

当 $u_i < 0$ 时, 即 $u_P > u_N$, 稳压二极管正向导通

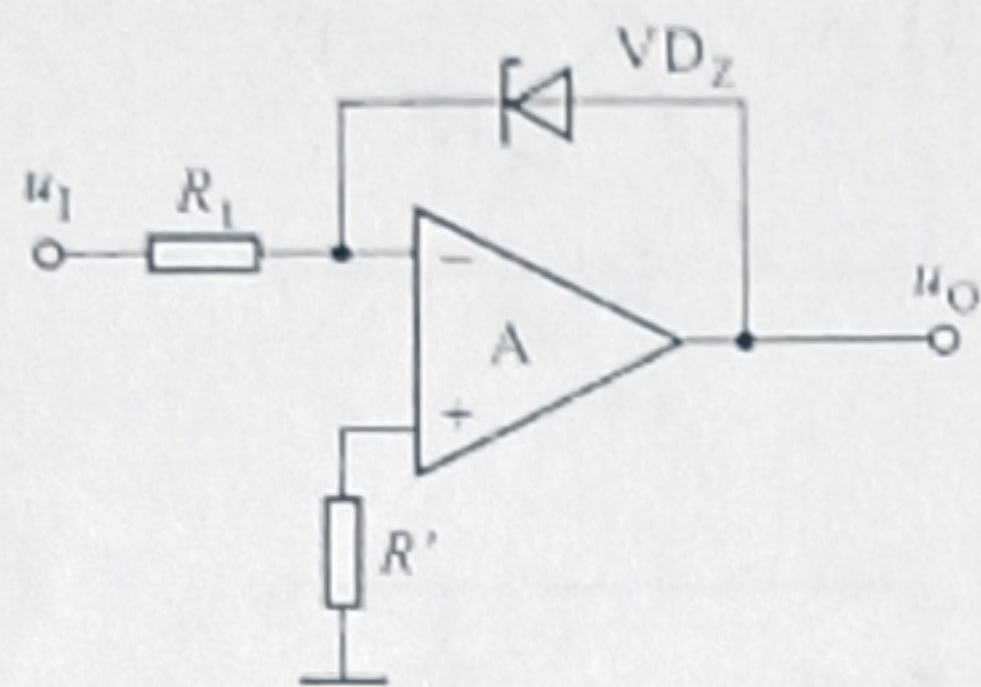
$$u_O = 0.7V$$



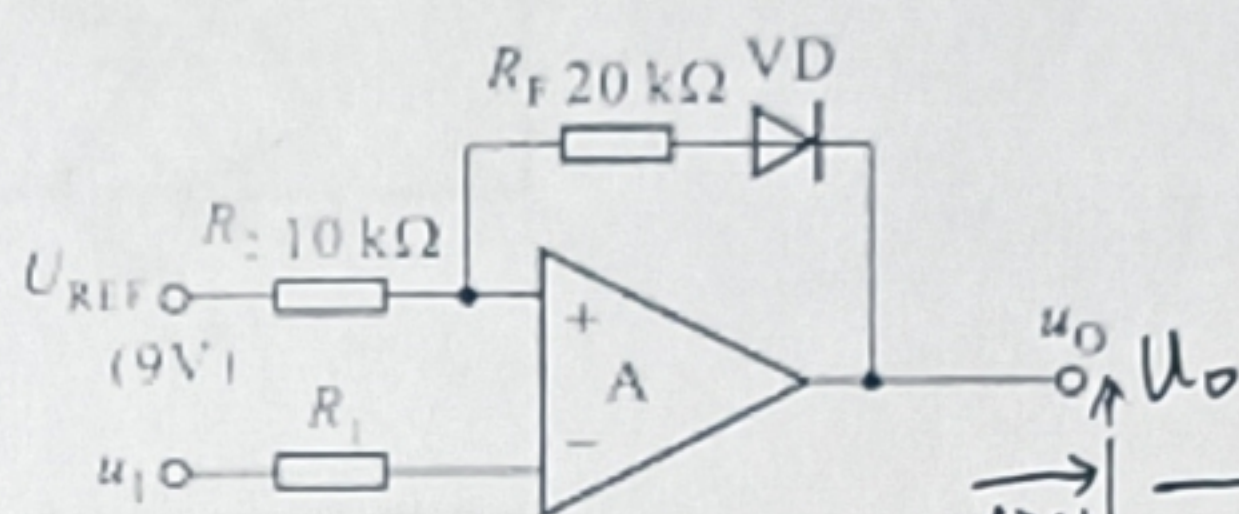
传输特性



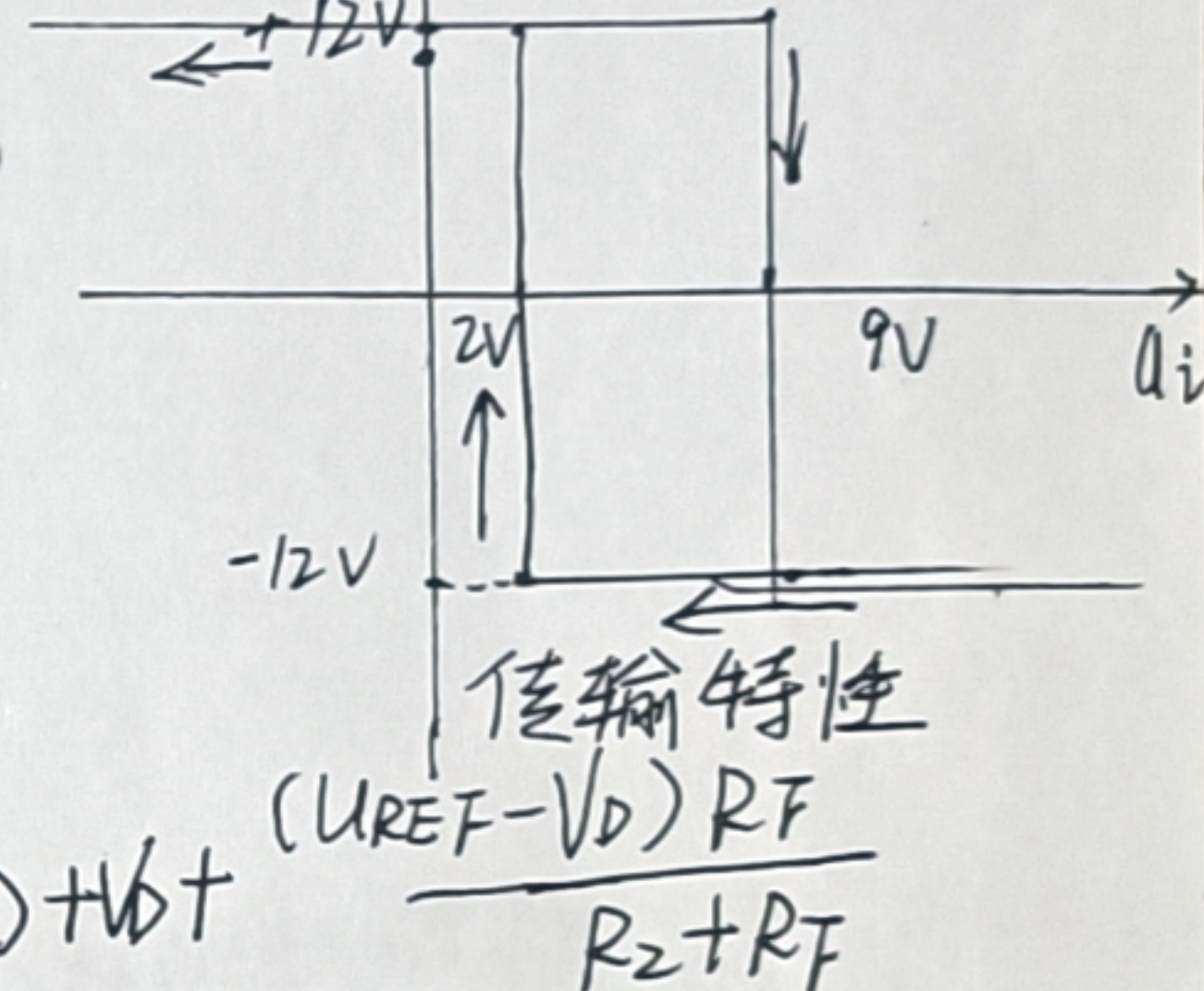
(a)



(b)



(c)



(c) 双门限/滞回比较器 图 7-4

当 $u_o = +U_{om}$ 时, 二极管反向截止。

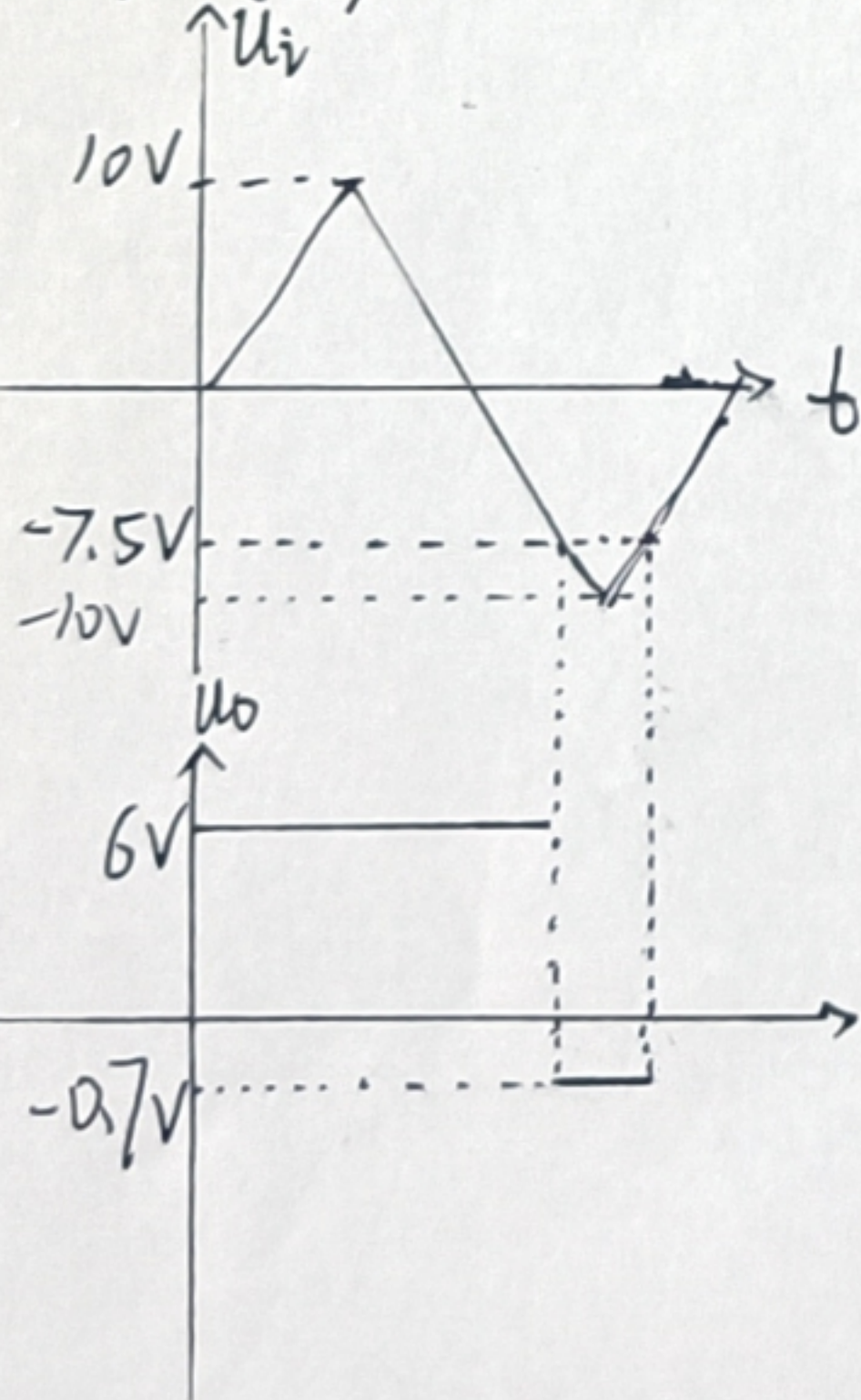
令 $u_+ = u_-$ 即 $U_{T1} = 9\text{ V}$ 时, 输出 $u_{o1} = 12\text{ V}$ 。

当 $u_o = -U_{om}$ 时, 二极管正向导通。

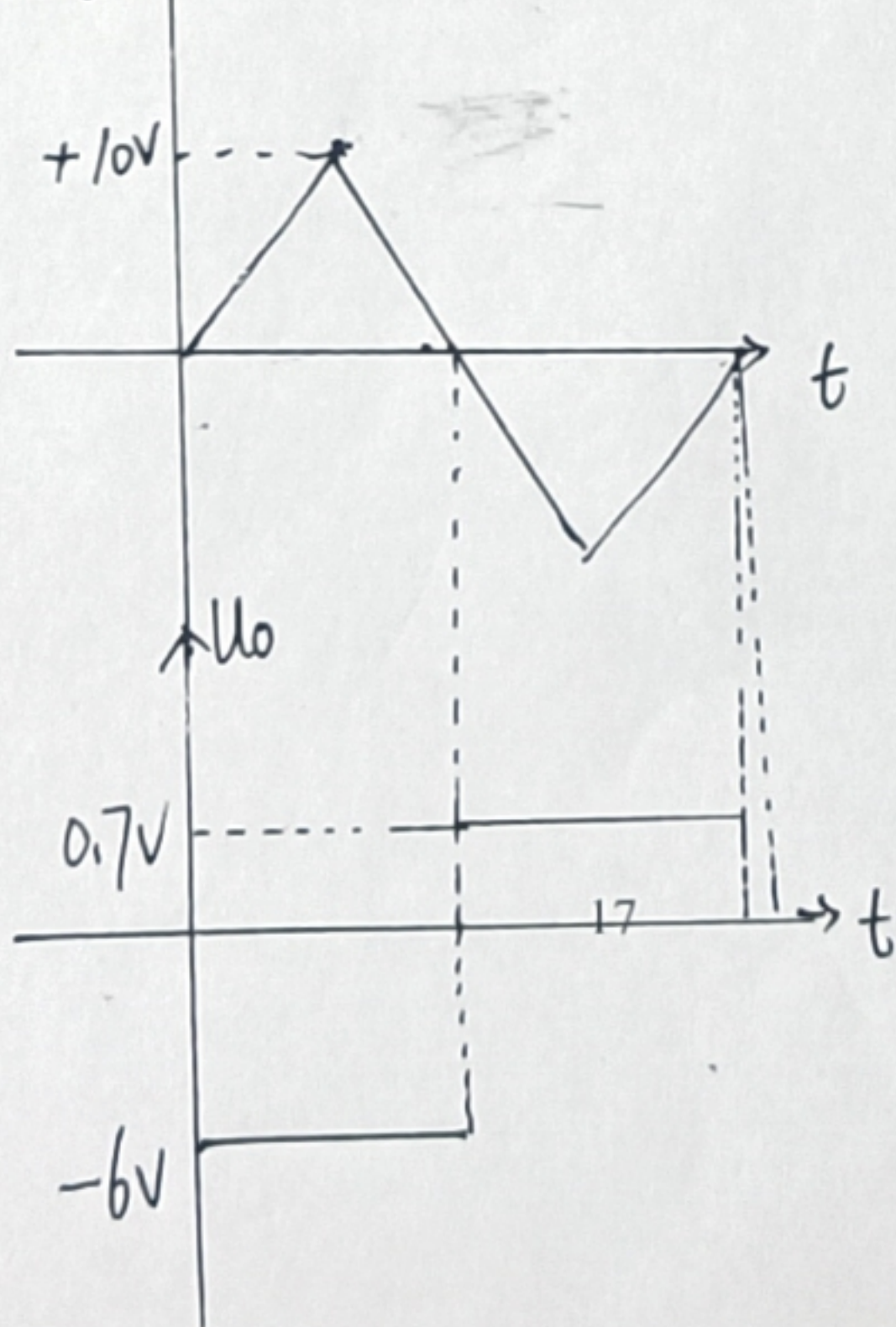
令 $u_+ = u_- = u_i$ 即 $U_{T2} = U_{P2} = \frac{R_2}{R_2 + R_F}(u_o - V_D) + V_D + \frac{(U_{REF} - V_D) R_F}{R_2 + R_F}$

即 $U_{T2} = 2\text{ V}$ 输出 $u_{o2} = -12\text{ V}$

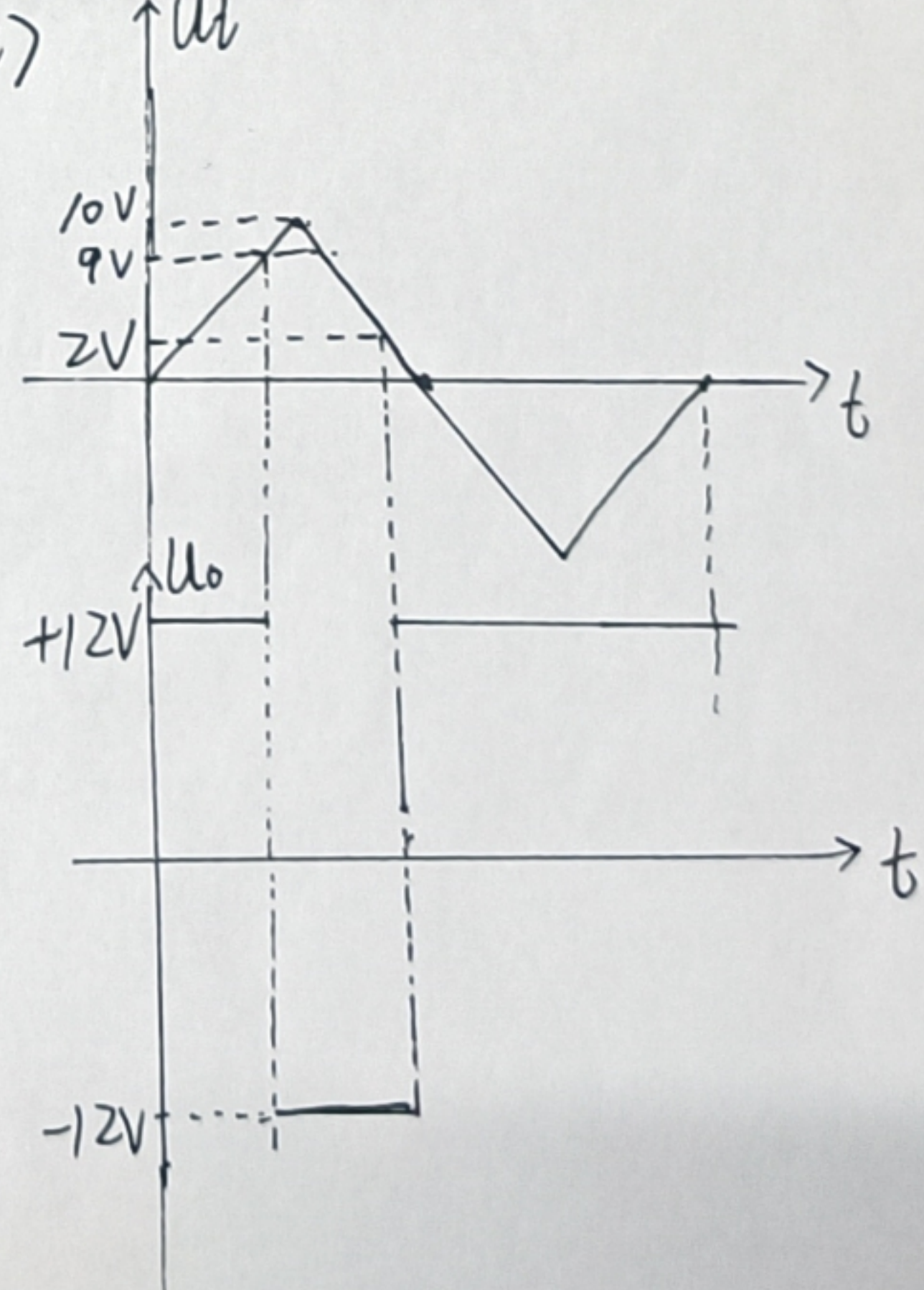
(2) (a)



(b)



(c)



输出电压波形

第 10 章 直流稳压电源

1. 在图 10-1 所示电路中,已知输入电压 U_i 为正弦波,试分析哪些电路可以作为整流电路?

哪些不能,为什么?应该如何改正?

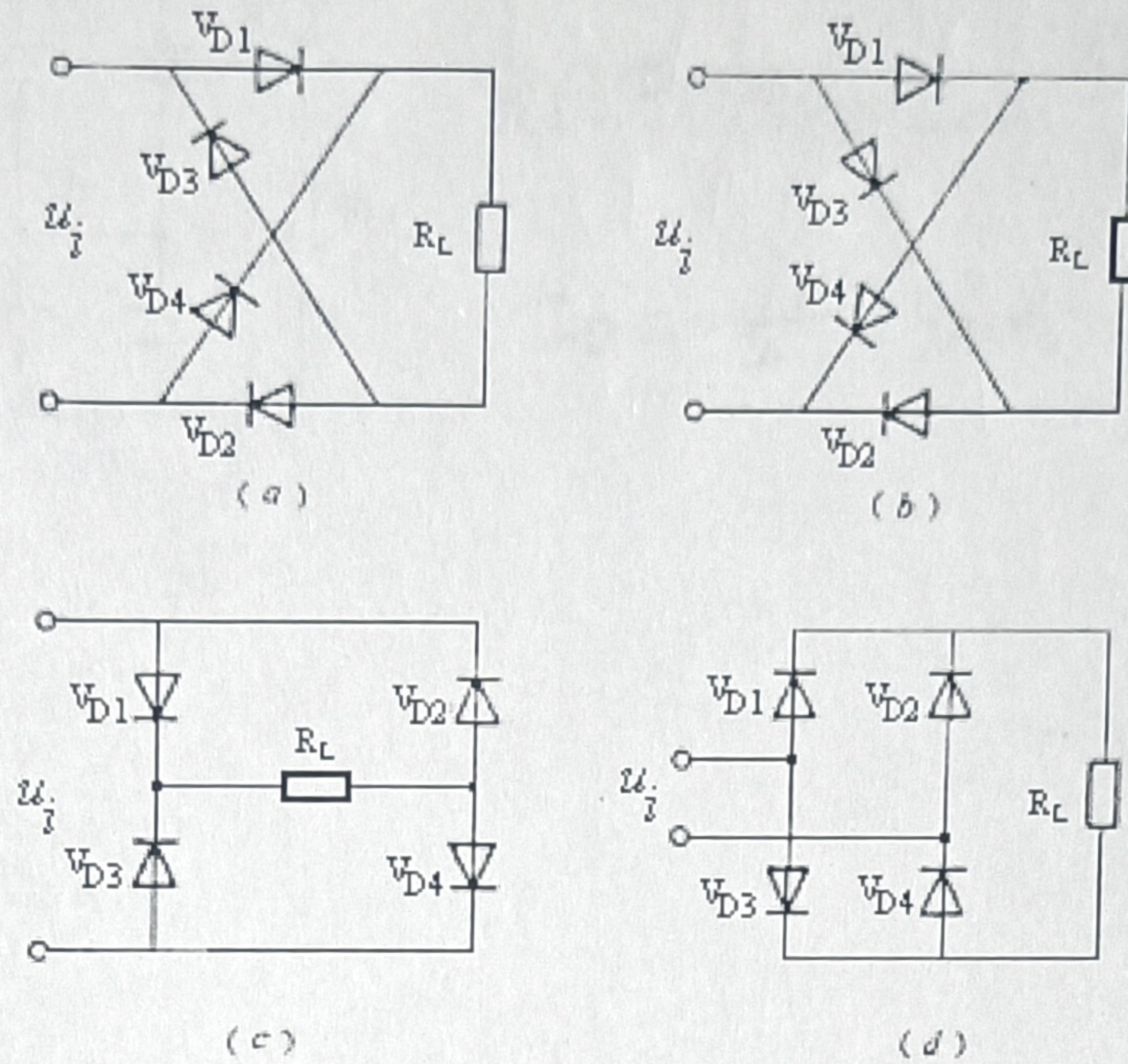


图 10-1

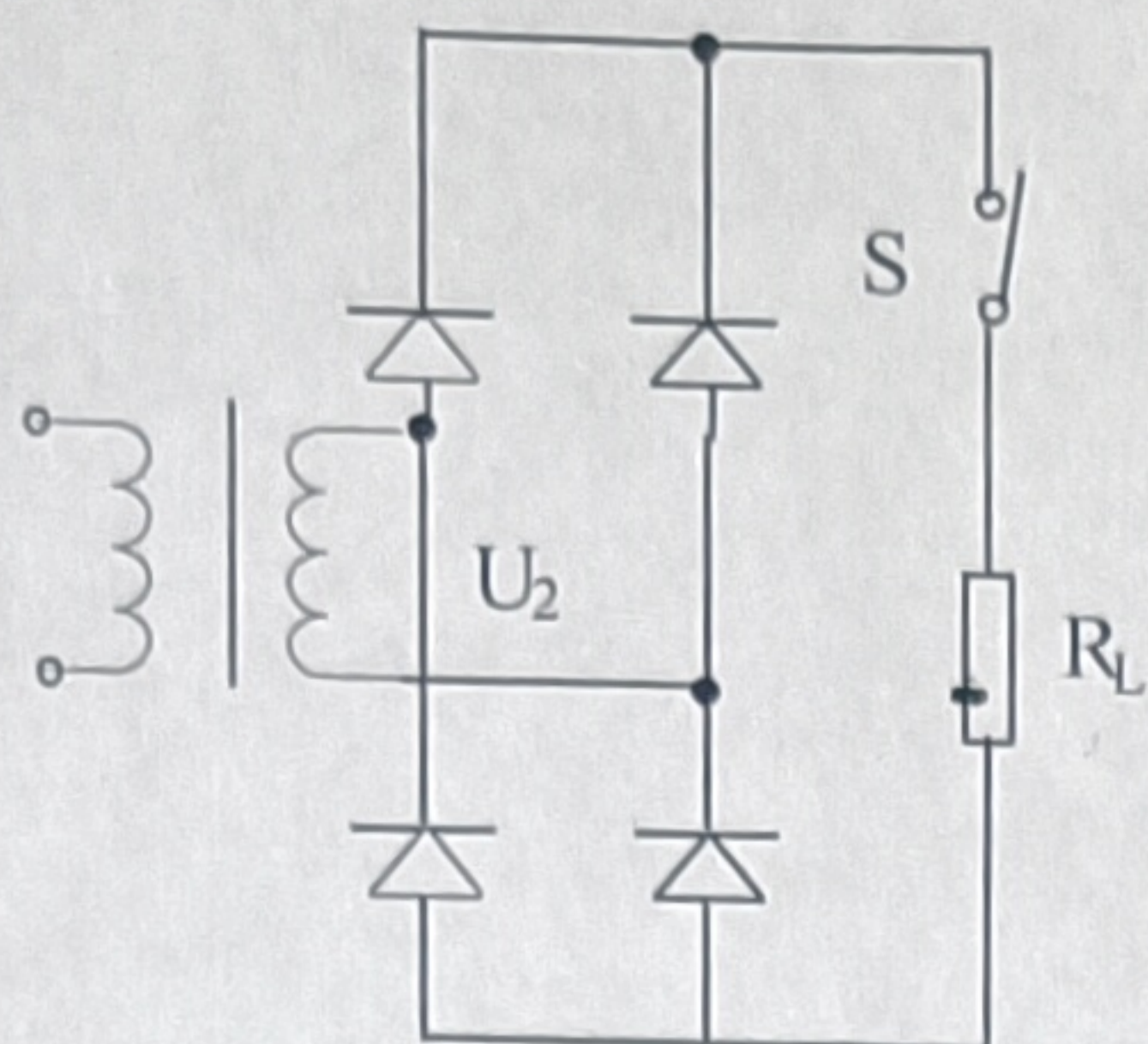
<a> <c> 可以作为整流电路

 <d> 不能, 应该 V_{D3} 及 V_{D4} 的阴极和阳极调换

<d> 应将 V_{D3} 的阴、阳极调换

2. 电路中变压副边线圈电压有效值 $U_2 = 20V$, $U_2 = \sqrt{2}u_2 \sin \omega t$, 负载电阻 $R_L = 1K\Omega$,

求: 开关 S 闭合情况下负载平均电流和流过二极管平均电流 I_D 。



$$U_0 = 0.9 U_2 = 0.9 \times 20 = 18V$$

$$\text{负载平均电流 } I_0 = \frac{0.9 U_2}{R_L} = 18mA$$

$$I_D = \frac{I_0}{2} = 9mA$$

3. 设稳压管 $V_Z = 6V$, $I_{ZMAX} = 40mA$, $I_{ZMIN} = 5mA$, $V_{IMAX} = 15V$, $V_{IMIN} = 12V$,

$R_{LMAX} = 600\Omega$, $R_{LMIN} = 300\Omega$, 试选限流电阻的取值范围。

电网电压最低且负载电流最大时, 稳压管的电流最小。

$$\text{即 } I_{ZMIN} = \frac{U_{IMIN} - U_Z}{R} - I_{LMAX} > I_Z \text{ 即 } R < \frac{U_{IMIN} - U_Z}{I_Z + I_{LMAX}}$$

电网电压最高且负载电流最小时, 稳压管的电流最大。

$$I_{DZMAX} = \frac{U_{IMAX} - U_Z}{R} - I_{LMIN} < I_{ZM} \text{ 即 } R > \frac{U_{IMAX} - U_Z}{I_{ZM} + I_{LMIN}}$$

$$\text{代入数据可得 } 180\Omega < R < 240\Omega$$